LAS

CIENCIAS BIOLÓGICAS

y la construcción de nuevos paradigmas de conocimiento

2

Daniela Reis Joaquim de Freitas
(Organizadora)

Atena Editora
Ano 2023

LAS

CIENCIAS BIOLÓGICAS

y la construcción de nuevos paradigmas de conocimiento

2

Daniela Reis Joaquim de Freitas
(Organizadora)

Atena Editora
Ano 2023

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Thamires Camili Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

Las ciencias biológicas y la construcción de nuevos paradigmas de conocimiento 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Daniela Reis Joaquim de Freitas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Las ciencias biológicas y la construcción de nuevos paradigmas de conocimiento 2 / Organizador Daniela Reis Joaquim de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-2070-5
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.705231711

1. Ciencias biológicas. I. Freitas, Daniela Reis Joaquim de (Organizador). II. Título.

CDD 570

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

APRESENTAÇÃO

As ciências biológicas representam a vasta área do conhecimento que lida com os organismos vivos e todos os processos que ocorrem neles, suas interações entre si e com o ambiente. É uma área multidisciplinar e em constante evolução, que busca compreender a vida em todas as suas formas e complexidades. A construção de novos paradigmas de conhecimento na biologia é essencial para acompanhar as descobertas e avanços tecnológicos que têm impacto direto na compreensão dos processos biológicos.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, novos paradigmas começam a surgir, auxiliando na compreensão de como vemos e interagimos com o mundo natural, além de abrir novas possibilidades para a pesquisa e a aplicação da biologia.

Nesta obra, "*Las ciencias biológicas y la construcción de nuevos paradigmas de conocimiento 2*", são apresentados trabalhos originais que englobam a intersecção entre teoria, prática e metodologia científica. São apresentados, ao longo de cinco capítulos, trabalhos científicos que abordam diferentes áreas da biologia.

A Atena Editora possui um corpo editorial com professores das melhores universidades do Brasil, e apresenta obras de qualidade, que podem servir para atualização de profissionais e estudantes, como a obra que ora apresentamos. Que você tenha uma boa leitura!

Daniela Reis Joaquim de Freitas

SUMÁRIO

https://doi.org/10.22533/at.ed.7052317115

CRECIMIENTO Y CONDICIÓN DE LA PACORA *Plagioscion magdalenae* EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL, COLOMBIA

Data de submissão: 10/10/2023
Data de aceite: 01/11/2023

Charles W. Olaya-Nieto
Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. Calle 23 No. 27-157. Lorica, Colombia
http://orcid.org/0000-0002-9045-641X

Ángel L. Martínez-González
Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. Calle 23 No. 27-157. Lorica, Colombia.
https://orcid.org/0000-0001-9224-1976

Glenys Tordecilla-Petro
Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. Calle 23 No. 27-157. Lorica, Colombia. Institución Educativa Lácides C. Bersal, Alcaldía municipal de Lorica.
https://orcid.org/0000-0002-7618-8615

William A. Pérez-Doria
Servicio Estadístico Pesquero Colombiano-SEPEC.
https://orcid.org/0000-0001-8150-1197

Gustavo A. Juris-Torregrosa
Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA. Regional Caquetá, Florencia, Colombia.
https://orcid.org/0000-0002-5094-1496

Delio César Solano-Peña
Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. Calle 23 No. 27-157. Lorica, Colombia. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP. Facultad de Medicina Veterinaria, Corporación Universitaria Remington. Calle 27 No. 4-31, Montería, Colombia.
http://orcid.org/0000-0001-6280-4715

Fredys F. Segura-Guevara
Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. Calle 23 No. 27-157. Lorica, Colombia.
https://orcid.org/0000-0002-9129-984X

RESUMEN: Se evaluó el crecimiento y condición de la Pacora *Plagioscion magdalenae* (STEINDACHNER, 1878)

durante varios ciclos anuales en la ciénaga de Ayapel, cuenca del río San Jorge, Colombia. Se recolectaron 824 ejemplares en el período 2006-2010 y la relación longitud-peso y el factor de condición se estimaron con las ecuaciones $WT = kLS^b$ y $k = WT/LS^b$, respectivamente. Se encontraron 524 individuos hembras y 300 machos, cuyas tallas oscilaron entre 15.0-55.0 cm de longitud estándar (LS), con talla media de captura de 27.7 cm LS; mientras que el peso total fluctuó entre 58.0-3764.0 gramos (g) y el peso medio de captura fue 483.5 g. Se observó dimorfismo sexual en la talla, puesto que las hembras son más grandes que los machos y que la longitud media de captura estimada es inferior a la longitud mínima legal establecida para la cuenca del Magdalena, lo que sugiere un serio problema de sobrepesca sobre la especie en estudio. La relación longitud-peso estimada fue $WT = 0.009\ (\pm\ 0.05)\ LS^{3.22\ (\pm\ 0.04)}$, r =0.99, n =824 y el factor de condición, o estado de bienestar, fue 8.5 veces mayor en aguas altas que en aguas bajas, lo que indica que la especie en estudio responde a la mayor disponibilidad de alimento tanto autóctono como alóctono en dicha época del ciclo hidrológico, aunque dicho factor es menor que la mayoría de los reportados para el género *Plagioscion* en América del Sur; mientras que el coeficiente de crecimiento es alométrico positivo y –a su vez- mayor que el 90% de todos los informados, lo que sugiere problemas alimentarios asociados a los efectos antrópicos presentes en la cuenca del San Jorge, sumados a otros factores o tensores ambientales.
PALABRAS CLAVES: Relación longitud-peso, Estado de bienestar, Tensores ambientales, Seguridad alimentaria.

GROWTH AND CONDITION OF PACORA *Plagioscion magdalenae* IN THE CIENAGA DE AYAPEL, COLOMBIA

ABSTRACT: The growth and condition of the Pacora *Plagioscion magdalenae* (STEINDACHNER, 1878) was evaluated during several annual cycles in the Cienaga de Ayapel, San Jorge river basin, Colombia. 824 specimens were collected in the period 2006-2010 and the length-weight relationship and the condition factor were estimated with the equations $WT = kSL^b$ and $k = WT/SL^b$, respectively. 524 female and 300 male individuals were found, whose sizes ranged between 15.0-55.0 cm standard length (SL), with mean catch length of 27.7 cm SL, while the total weight ranged between 58.0-3764.0 grams (g) and the mean catch weight was 483.5 g. Sexual dimorphism in size was observed, since females are larger than males and the estimated mean catch length is lower than the minimum legal length established for the Magdalena basin, which suggests a serious problem of overfishing on the species under study. The estimated length-weight relationship was $TW = 0.009\ (\pm\ 0.05)\ SL^{3.22\ (\pm\ 0.04)}$, r =0.99, n =824, the condition factor, or Welfare state, is 8.5 times greater in high waters than in low waters, which indicates that the species under study responds to the greater availability of both autochthonous and allochthonous food at that time of the hydrological cycle, although this factor is lower than most of those reported for the genus Plagioscion in South America; while the growth coefficient is positive allometric and -at the same time- greater than 90% of all those reported, which suggests food problems associated with the anthropic effects present in the San Jorge basin, added to other environmental factors or stressors.
KEYWORDS: Length-weight relationship, Welfare state, Environmental stressors, Food security.

1 I INTRODUCCIÓN

El género *Plagioscion* (GILL, 1861) es uno de los tres géneros de peces de la familia Sciaenidae que ocurren estrictamente en agua dulce (PARENTI, 2020), distribuido originalmente en las cuencas de los ríos Magdalena, Amazonas, Orinoco, bajo Paraná y ríos de las Guayanas (CASATTI, 2003). La Pacora *Plagioscion magdalenae* (STEINDACHNER, 1878) es común en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge, pero ausente en el río Sinú (DAHL, 1971). Dicha especie se consideraba endémica para Colombia hasta cuando CASATTI (2005) la reportó para la cuenca del Amazonas.

En 1947, MILES afirmaba que en la cuenca del Magdalena (incluye los ríos Cauca y San Jorge) la especie tenía cierta importancia económica debido a su tamaño, aunque su carne era un poco insípida; concepto compartido más tarde por DAHL (1971), quien observó, además, que en dicha cuenca crecía más de 60 cm de longitud y alcanzaba unos 5 kg de peso, en tanto que MADR-CCI reportaron 65.0 cm LS en el 2007.

Sin embargo, con el correr del tiempo se ha documentado que es uno de los peces de alta importancia pesquera y comercial en la ciénaga de Ayapel y en la cuenca del río San Jorge, debido a la calidad de su carne y al tamaño que alcanza, por lo que se ha convertido en reemplazo de otros peces tradicionalmente capturados (OLAYA-NIETO et al., 2011). Es así como en el período 2017-2021 su producción llegó a las 2035.3 toneladas en la cuenca del Magdalena (DE LA HOZ-M et al., 2017; DUARTE et al., 2018, 2019a, 2020a, 2021a), lo que corresponde al 2.9% del total desembarcado.

En dicha ciénaga, la especie presenta época de reproducción prolongada a lo largo del año e independiente del ciclo hidrológico, con talla media de madurez sexual de 36.1 cm LT para sexos combinados y diámetro de los ovocitos maduros de 438 μm (OLAYA-NIETO et al., 2013), mientras que SEGURA-GUEVARA et al. (2023) identificaron 5 grupos alimentarios en su dieta: Peces, Crustáceos, Insectos, Material vegetal y Otros, en donde Peces fue el grupo alimentario más frecuente (97.1%), abundante (95.4%) y de mayor composición en peso (99.8%), constituyéndose en su alimento principal, por lo que la catalogaron como un pez carnívoro especialista con preferencias ictiófagas y reportaron canibalismo por primera vez en Colombia.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento y condición de la Pacora durante varios ciclos anuales en la ciénaga de Ayapel, cuenca del río San Jorge, Colombia, como contribución al conocimiento de su ciclo de vida, su ordenamiento pesquero, preservación en su ambiente natural y a la seguridad alimentaria de las poblaciones humanas asentadas en el área de influencia de la ciénaga.

2 I MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización y descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la ciénaga de Ayapel, ubicada en la parte baja de la cuenca del río San Jorge en jurisdicción del municipio del mismo nombre, departamento de Córdoba, la cual es el cuerpo de agua más importante en la cuenca y funciona como un plano inundable y de amortiguación natural, almacenando los excesos producidos por desbordamientos de los ríos San Jorge y Cauca. Su precipitación promedio multianual fluctúa entre 2300 y 2500 mm y el clima varía de ligera a moderadamente húmedo. En la época seca, la ciénaga alcanza profundidades mínimas de 50 a 80 cm, y su profundidad máxima fluctúa entre cinco y siete metros en la época de lluvias (CVS-FONADE, 2004).

2.2 Obtención de las muestras

La información biológica básica se recolectó en el período 2006-2010 en el marco del proyecto de investigación “Estimación de los Parámetros Biológicos Básicos de Peces Comerciales de la Cuenca del Río San Jorge-Fase I”, código FMV-07-08, financiado por la Universidad de Córdoba. Parte de esta información fue recolectada por los integrantes del Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP y el resto por los pescadores en las faenas que efectúan en el área de estudio, quienes la compartieron con el laboratorio.

El sitio de muestreo fue Bocas de Seheve, ubicado en la confluencia río-ciénaga, con las siguientes coordenadas geográficas: 8° 28´ N, 75° 03´ W. El arte de pesca utilizado fue el trasmallo, con longitud de 120 m, altura de 2.2-2.5 m, diámetro del ojo de malla extendida de 2.75-4.0 pulgadas y tiempo efectivo de pesca de diez a doce horas por faena. Las mediciones realizadas fueron longitud estándar (LS) y longitud total (LT) con un ictiómetro graduado en mm (IK2, Aquatic Biotechnology, España) y peso total (WT) con balanza eléctrica de 5000 ±1 g (CS 5000, Ohaus Corporation, USA).

2.3 Talla media de captura

La información de la captura por tallas se usó para estimar la talla media de captura (TMC) mensual, anual (2006, 2007, 2008, 2009 y 2010) y del período 2006-2010, agrupando los datos en intervalos de cinco cm y aplicando la metodología de SPARRE & VENEMA (1998).

2.4 Relación lineal (RL)

Se estimó la regresión lineal LS-LT, mensual y anual, aplicando el método de los mínimos cuadrados (RICKER, 1975): $LT = a + b*LS$, en donde LT es la longitud total medida en cm, a es el intercepto de la línea de regresión, b es la pendiente y LS es la longitud

estándar medida en cm.

2.5 Relación longitud-peso (RLP)

Es una regresión potencial que relaciona una medida lineal (talla) con una de volumen (peso), y se estimó mensual, anual y para el período con la ecuación: $WT = k\ LS^b$ (RICKER, 1975), en donde WT es el peso total del pez en gramos, a es un parámetro de la regresión equivalente al factor de condición (k), LS es la longitud estándar y b es el coeficiente de crecimiento de la regresión.

2.6 Factor de condición (k)

Se estimó mensual, anual y para el período en estudio, con la ecuación $k = WT/LT^b$ (WEATHERLEY, 1972).

2.7 Análisis estadístico

Todos los valores obtenidos se expresan como promedio (± desviación estándar) e intervalos de confianza al 95%. Se aplicó la prueba de normalidad a la distribución de frecuencia de tallas (SPARRE & VENEMA, 1998), se estimaron el coeficiente de variación e intervalos de confianza mensual y anual para las longitudes estándar, total y el peso total, los coeficientes de correlación (r) y determinación (r^2) de las relaciones longitud-longitud y longitud-peso; y se aplicó la prueba t de Student al coeficiente de crecimiento (b) de la relación longitud-peso para evaluar isometría. Luego de evaluar la condición de homocedasticidad, se aplicó análisis de varianza de una vía al factor de condición y coeficiente de crecimiento estimados para cada relación longitud-peso. Por último, se evaluó al factor de condición de la especie en estudio vs la variación temporal del ciclo hidrológico de la ciénaga.

3 I RESULTADOS

En el período estudiado se recolectaron 824 ejemplares, de los cuales 524 fueron hembras y 300 machos. En la Tabla 1 se presenta el crecimiento en longitud alcanzado anualmente (2006, 2007, 2008, 2009 y 2010) y entre 2006-2010, en donde la longitud estándar osciló entre 15.0 (junio 2010) y 55.0 (abril 2010) con promedio ± desviación estándar de 27.6 ± 6.8 cm, intervalo de confianza (IC) al 95% de 0.47 cm, coeficiente de variación (CV) de 24.7% y talla media de captura estimada en 27.7 cm LT (Figura 1); la longitud total fluctuó entre 20.0 (febrero 2007) y 67.0 (octubre 2009) con promedio ± desviación estándar de 34.6 ± 8.1 cm, IC de 0.55 cm y CV de 23.4% y talla media de

captura estimada en 34.7 cm LT. A pesar de encontrarse dimorfismo sexual a la talla, como las variaciones son menores al 30%, se infiere que las tallas (LS, LT) analizadas son homogéneas.

		Rango de tallas (cm)						**Relación lineal**		
Años	**n**	**LS (cm)**	**Prom.**	**DS**	**LT (cm)**	**Prom.**	**DS**	**b ± IC**	**a ± IC**	**r**
2006	141	20.0 - 46.0	27.2	4.4	25.5 - 53.5	33.6	5.0	1.11 ± 0.02	3.37 ± 0.62	0.99
2007	151	15.4 - 44.5	24.6	4.6	20.0 - 53.7	30.5	5.3	1.14 ± 0.01	2.46 ± 0.37	0.99
2008	44	23.0 - 44.5	31.0	5.4	30.0 - 55.0	39.0	6.4	1.18 ± 0.02	2.42 ± 0.53	0.99
2009	183	18.0 - 54.6	30.8	8.3	23.5 - 67.0	38.6	9.8	1.18 ± 0.01	2.30 ± 0.42	0.99
2010	305	15.0 - 55.0	26.9	6.9	20.5 - 64.0	34.0	8.2	1.17 ± 0.01	2.53 ± 0.35	0.99
2006-2010	824	15.0 - 55.0	27.6	6.8	20.0 - 67.0	34.6	8.1	1.18 ± 0.01	2.04 ± 0.22	0.99

Tabla 1. Información básica de tallas y parámetros de crecimiento de la relación lineal para sexos combinados de Pacora *Plagioscion magdalenae* en la ciénaga de Ayapel en el período 2006-2010. n es el número de individuos, Prom. es el promedio, DS es la desviación estándar, a, b son el intercepto y pendiente de la regresión, IC es el intervalo de confianza y r es el coeficiente de correlación.

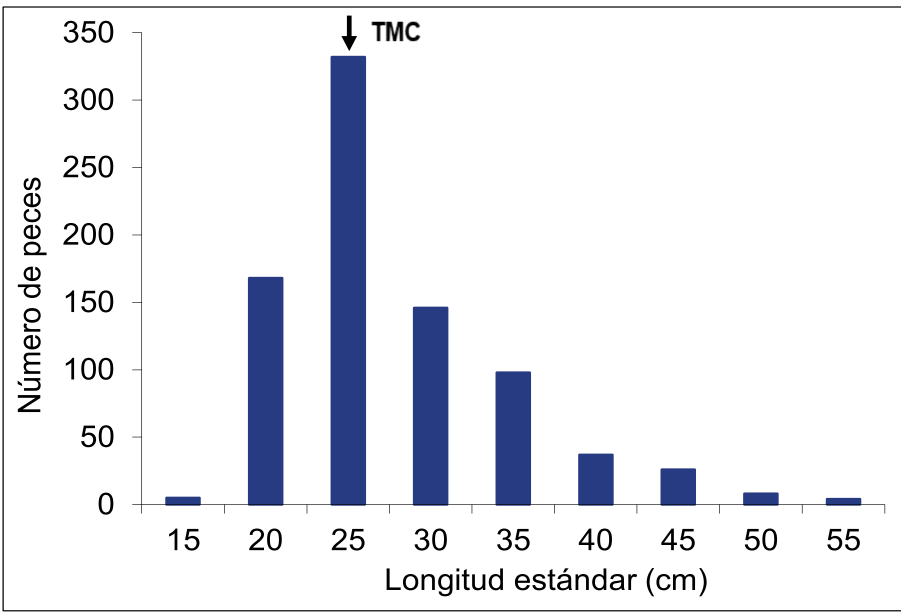


Figura 1. Distribución de frecuencias de tallas de Pacora en la ciénaga de Ayapel.

Con la información básica de tallas y parámetros de crecimiento del período de estudio se estimaron las regresiones longitud estándar-longitud total (LS-LT) por sexo, tal y como se muestra aquí:

LT = 2.29 (± 0.29) + 1.17 (± 0.01) LS, r = 0.99, n = 524 (hembras)

LT = 1.66 (± 0.37) + 1.19 (± 0.01) LS, r = 0.99, n = 300 (machos)

LT = 2.04 (± 0.22) + 1.18 (± 0.01) LS, r = 0.99, n = 824 (ambos sexos, Figura 2)

Se observó similitud numérica entre las pendientes estimadas de la regresión

longitud estándar-longitud total para ambos sexos (Tabla 1), con coeficientes de correlación similares y estadísticamente significativos ($p < 0.05$). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las pendientes de las regresiones ($F = 1.748$; $p > 0.05$; gl =28).

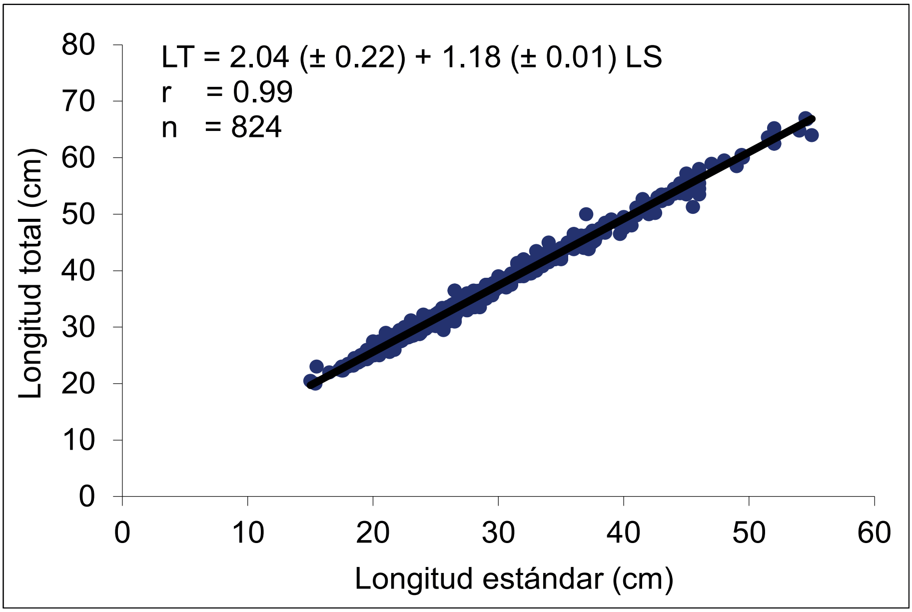


Figura 2. Relación LS-LT para sexos combinados de Pacora en la ciénaga de Ayapel.

El crecimiento en peso total anual y del período en estudio osciló entre 58.0 g (febrero 2007) y 3764.0 g (octubre 2010), con promedio ± desviación estándar de 485.0 ± 487.7 g (Tabla 2), intervalo de confianza al 95% de 33.3 g, coeficiente de variación del 100.6%, 483.5 g de peso medio de captura y el 65.5% de los individuos capturados (n =540) con pesos menores de 400 g; lo que es consistente con la moda estimada en 300 g de peso total, que corresponde a 352 individuos (42.7%), tal y como se muestra en la Figura 3.

En la Tabla 2 también se presentan los parámetros de crecimiento de la relación longitud-peso. El valor del factor de condición (k) durante el período en estudio fue 0.009, presentando alternancia entre 0.010 (2006, 2009, 2010) y 0.019 (2008), sin encontrarse diferencias estadísticas significativas entre ellos ($F = 0.9440$; $p > 0.05$; gl =28). Cabe anotar que el valor anual de k para hembras y machos en el período fue 0.009 y 0.011, respectivamente.

Años	n	Longitud estándar (cm) Rango	Prom.	DS	Peso total (g) Rango	Prom.	DS	Relación longitud-peso k ± IC	b ± IC	r
2006	141	20.0 - 46.0	27.2	4.4	122.0 - 1714.0	360.9	246.4	0.010 ± 0.15	3.14 ± 0.11	0.98
2007	151	15.4 - 44.5	24.6	4.6	58.0 - 1774.0	287.1	232.9	0.011 ± 0.17	3.14 ± 0.12	0.97
2008	44	23.0 - 44.5	31.0	5.4	267.6 - 1728.0	671.6	375.4	0.019 ± 0.21	3.03 ± 0.14	0.99
2009	183	18.0 - 54.6	30.8	8.3	108.0 - 3764.0	720.3	672.2	0.010 ± 0.08	3.20 ± 0.05	0.99
2010	305	15.0 - 55.0	26.9	6.9	74.0 - 3174.0	472.1	483.3	0.010 ± 0.07	3.21 ± 0.04	0.99
2006-2010	824	15.0 - 55.0	27.6	6.8	58.0 - 3764.0	485.0	487.7	0.009 ± 0.05	3.22 ± 0.04	0.99

Tabla 2. Información básica de talla, peso y parámetros de crecimiento de la relación longitud estándar-peso total para sexos combinados de Pacora *Plagioscion magdalenae* en la ciénaga de Ayapel en el período 2006-2010. k es el factor de condición, b es el coeficiente de crecimiento.

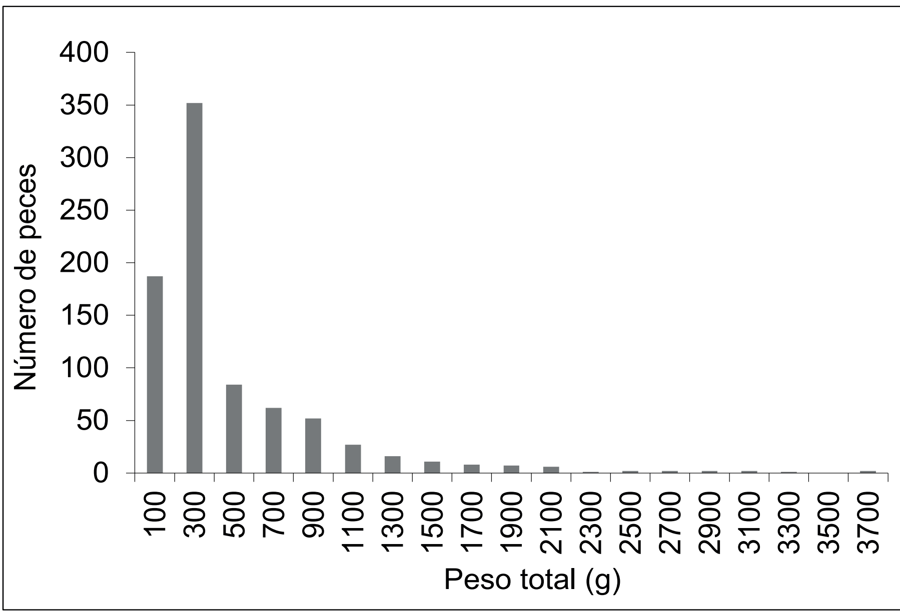


Figura 3. Distribución de frecuencias de pesos de Pacora en la ciénaga de Ayapel.

Por su parte, el coeficiente de crecimiento (b) fue 3.22, oscilando entre 3.03 (2008) y 3.21 (2010), también sin diferencias estadísticas significativas (F =0.7198; p >0.05; gl =28). El test de student (p <0.05) confirmó que los coeficientes de crecimiento de cada año y del período estudiado fueron alométricos positivos (b >3.0), excepto en 2008 que fue isométrico (b =3.0), lo que -según TRESIERRA & CULQUICHICÓN (1993)- sugiere que el incremento en el peso fue más rápido que en la talla; consideración que aplica también para el valor de b en hembras (3.23) y machos (3.15).

Las regresiones longitud estándar-peso total estimadas para 2006-2010 fueron:

WT = 0.009 (± 0.06) LS $^{3.23\ (\pm\ 0.04)}$, r = 0.99, n = 524 (hembras)

WT = 0.011 (± 0.10) LS $^{3.15\ (\pm\ 0.07)}$, r = 0.99, n = 300 (machos)

WT = 0.009 (± 0.05) LS $^{3.22\ (\pm\ 0.04)}$, r = 0.99, n = 824 (ambos sexos) (Figura 4).

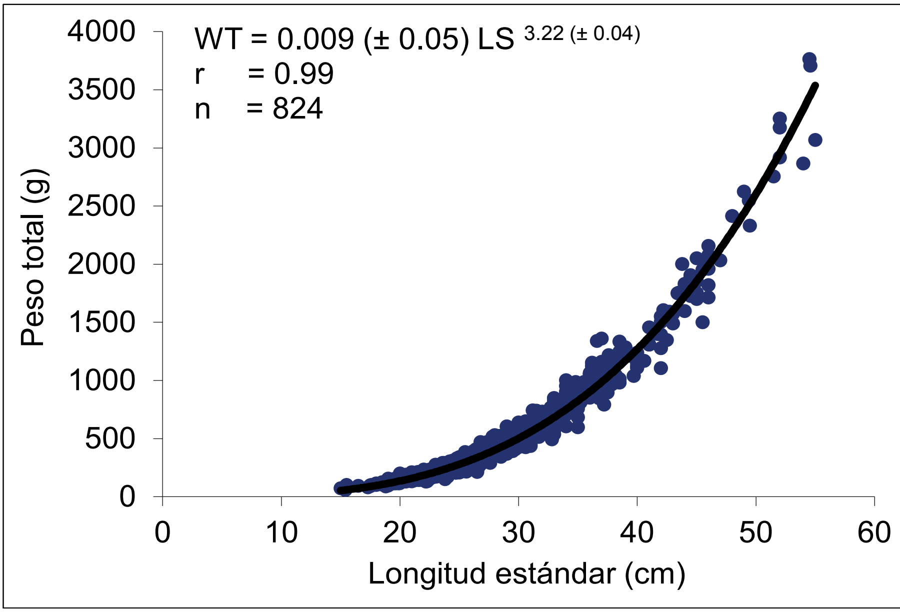


Figura 4. Relación longitud-peso para sexos combinados de Pacora en la ciénaga de Ayapel.

En la Figura 5 se observa el factor de condición vs el nivel promedio mensual de la ciénaga de Ayapel en el período 2006-2010, el cual fluctuó entre 2.70 y 5.65 m, mientras que el factor de condición osciló entre 0.004 en diciembre (aguas bajas) y 0.034 en junio (aguas altas). Se encontró correlación directa entre las dos variables al final de las aguas bajas (enero-febrero) y al inicio de las aguas ascendentes (marzo-abril) y descendentes (septiembre-octubre); caso contrario al observado en el período de aguas altas (junio-agosto), en donde la correlación fue inversa.

4 | DISCUSIÓN

Se encontró que la talla media de captura (TMC) estimada en este trabajo (27.7 cm LS, 34.7 cm LT) es menor que las TMC´s reportadas por MADR-CCI, 2006 (32.0 cm LS) y PUENTE et al., 2014 (38.3 cm LS) y similar a la informada por DE LA HOZ-M & MANJARRÉS-MARTÍNEZ, 2018 (27.7 cm LS), todas en la cuenca del Magdalena, e inferior a la talla mínima legal de captura (TML) establecida en 30.0 cm LS (37.4 cm LT) por INDERENA (1971) para la citada cuenca.

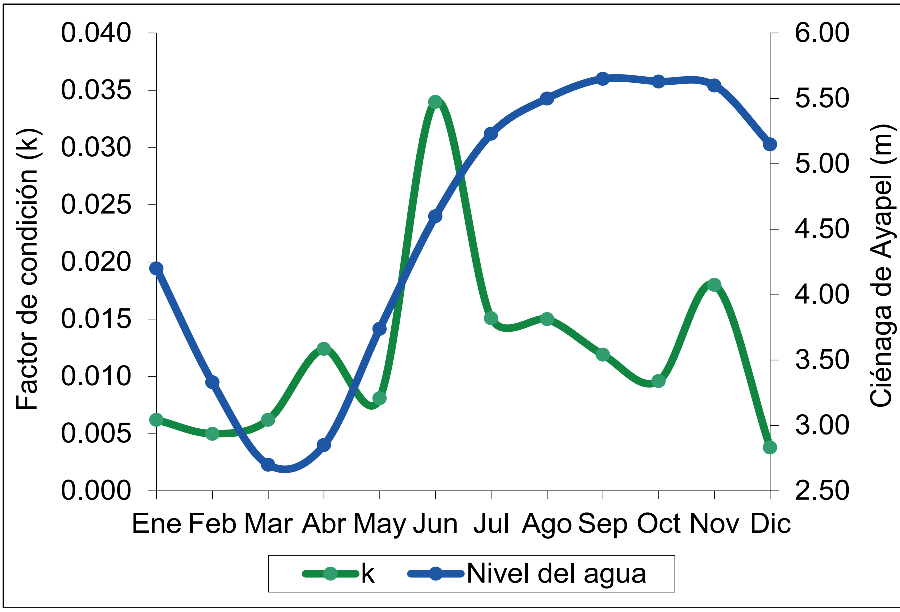


Figura 5. Factor de condición de Pacora vs ciclo hidrológico de la ciénaga de Ayapel.

En el 2006, año de inicio de la toma de información, MADR-CCI informaron que el 49.5% de la Pacora capturada en la cuenca Magdalena no se había reproducido; y luego PUENTE et al. (2014) reportaron sobrexplotación teniendo en cuenta que la tasa de explotación (E) era mayor de 0.70. Más tarde, DE LA HOZ-M & MANJARRÉS-MARTÍNEZ (2018) anotaron que el 76.9% de su captura se efectuó con trasmallo, de la cual el 88.0% estaba por debajo de la talla media de madurez sexual (TMM), y DUARTE et al. (2021a) reportaron el 52.6% de la captura con trasmallo en donde apenas el 40.0% presentó tallas superiores a la TMM de la especie. Lo anterior, sumado a que en este trabajo la mayoría de los individuos (n =593, 72.0%) fueron capturados con longitudes inferiores a la TML, sugiere un serio problema de sobrepesca sobre la especie.

El dimorfismo sexual en la talla se presentó al encontrarse estadísticamente predominio de un sexo sobre el otro, en este caso las hembras alcanzan mayores longitudes que los machos. El fenómeno del dimorfismo sexual en la talla es común en las especies animales y está representado por las diferencias en el tamaño corporal promedio de machos y hembras adultos (FAIRBAIRN et al., 2007) como resultado de adaptaciones a sus comportamientos reproductivos diferentes (ANDERSSON, 1994; FAIRBAIRN et al., 2007), ocurre en muchos peces en donde las hembras suelen ser más grandes que los machos de la misma edad (IM et al., 2016), y podría decirse que los principales tensores son la selección sexual en los machos y la selección de la fecundidad en las hembras (OTA et al., 2010).

También podría deberse a diferencias en la alimentación (BELTRÁN-ÁLVAREZ et

al., 2013), porque que hay hembras en determinadas especies de peces que tan pronto desovan emigran hacia otras zonas del ecosistema en donde hay mejores posibilidades de alimentación (GRANADO-LORENCIO, 2000); aunque es posible que tenga relación con la selectividad del arte de pesca utilizado en las faenas de pesca (SEGURA-GUEVARA et al., 2011).

Como se sabe, la longitud y el peso son datos biométricos que se toman de una forma sencilla y están disponibles en la mayoría de las series de datos de los estudios de monitoreo pesquero; proporcionando, a pesar de dicha sencillez, información muy útil para la gestión pesquera que puede utilizarse en diferentes aplicaciones como la estimación de biomasa a partir de datos de talla o comparaciones entre patrones de crecimiento y diferenciación morfológica de la misma especie de diferentes poblaciones (IMOROU et al., 2019). Por estas razones, el conocimiento de las especies de peces que habitan en una cuenca fluvial es la condición mínima necesaria para la implementación de cualquier medida de protección tanto de los recursos hídricos como pesqueros (HOLZBACH et al., 2005).

El factor de condición, o estado de bienestar, estimado para sexos combinados en el período 2006-2010 es 8.5 veces mayor en junio (0.034, aguas altas) que en diciembre (0.004, aguas bajas), indicando que la Pacora responde a la mayor disponibilidad de alimento tanto autóctono como alóctono en aguas altas, lo que sugiere que dicho parámetro está asociado a los pulsos del ciclo hidrológico que se presentan en la ciénaga de Ayapel. Cabe anotar que aunque este factor presentó correlación inversa con el nivel del agua en el período de aguas altas, su valor promedio corresponde al mayor estado de bienestar de todo el estudio; lo que es consistente con los valores alcanzados mensualmente, puesto que el primero, tercero y cuarto factor de condición en importancia se encontraron en junio, julio y agosto, respectivamente, meses que corresponden al período de aguas altas.

Este parámetro (k =0.009) se observó dentro del rango (0.0000101-0.0569) reportado por diferentes autores para el género *Plagioscion* en América del Sur (Tabla 3), aunque es menor que el 75.9% de ellos, y -por defecto- se encuentra por fuera del promedio ± intervalo de confianza al 95% de dichos registros, cuyo valor es 0.0184 ± 0.005. Situación curiosa porque sugiere problemas alimentarios asociados a los efectos antrópicos presentes como la sobrepesca, deforestación, desecación de los cauces, ampliación de la frontera agrícola, uso de agroquímicos, la minería y los reactivos químicos empleados en ella, sumados a otros factores o tensores ambientales (OLAYA-NIETO et al., 2022).

Especie	Longitud (cm)	k	b	n	r	Fuente
P. magdalenae – SC	LS*	$1.01E^{-05}$	3.080	950	0.998	SOSA, 1992
P. magdalenae – SC	LS	0.0026	3.338	993	0.987	MADR-CCI, 2006
P. magdalenae – SC	LS	0.0130	3.094	395	0.950	MADR-CCI, 2008
P. magdalenae – SC	LS	0.0100	3.166	261	0.981	MADR-CCI, 2010
P. magdalenae – SC	LS	0.0240	2.866	94	0.995	HERNÁNDEZ-SERNA et al., 2014
P. magdalenae – SC	LS	0.0138	3.086	98	0.991	PUENTE et al., 2014
P. magdalenae – SC	LS	0.0569	2.499	1484	0.920	DE LA HOZ-M & MANJARRÉS-MARTÍNEZ, 2018
P. magdalenae – SC	LS	0.0107	2.950	2515	0.954	DUARTE et al., 2019b
P. magdalenae – SC	LS	0.0210	2.955	953	0.980	DUARTE et al., 2020b
P. magdalenae – SC	LS	0.0160	3.045	943	0.985	DUARTE et al., 2021b
P. montei – SC	LS	0.0174	3.032	150	0.975	ZUCHI et al., 2020
P. squamosissimus - H	LT	0.0178	2.887	728	0.990	RODRIGUES et al., 1988
P. squamosissimus - M	LT	0.0159	2.898	461	0.990	RODRIGUES et al., 1988
P. squamosissimus - SC	LS	0.0157	3.090	7200	0.985	BENEDITO-CECILIO et al., 1997
P. squamosissimus - H	LT	0.00553	3.240	402	0.995	CASTRO, 1998
P. squamosissimus - M	LT	0.0066	3.180	314	0.995	CASTRO, 1998
P. squamosissimus - SC	LS	0.0100	3.030	1093	0.980	JURAS et al., 2005
P. squamosissimus - SC	LS	0.0376	2.778	2254	0.927	MADR-CCI, 2006
P. squamosissimus - SC	LT	0.0050	3.208	321	0.990	RIOFRÍO, 2009
P. squamosissimus - SC	LS	0.0249	2.923	644	0.983	VIDOTTO-MAGNONI & CARVALHO, 2009
P. squamosissimus - SC	LT	0.0040	3.240	119	0.995	ALBIERI et al., 2014
P. squamosissimus - SC	LS	0.0195	2.970	123	0.988	FREITAS et al., 2014
P. squamosissimus - SC	LT	0.0368	2.768	13850	0.963	BRAMBILLA et al., 2015
P. squamosissimus - SC	LS	0.03217	2.855	178	0.975	CELLA-RIBEIRO et al., 2015
P. squamosissimus - SC	LS	0.0065	3.160	117	0.995	GIARRIZZO et al., 2015
P. squamosissimus - H	LT	0.0382	2.648	170	0.898	LIMA et al., 2017
P. squamosissimus - SC	LT	0.0391	2.672	177	0.927	SILVA et al., 2017
P. squamosissimus - SC	LS	0.0165	3.060	1513	0.970	CASTRO et al., 2019
P. ternetzi – SC	LS	0.0152	3.090	193	0.975	BATISTA-SILVA et al., 2015
P. magdalenae – SC	LS	0.009	3.220	824	0.990	ESTE TRABAJO, 2023

Tabla 3. Parámetros de crecimiento de la relación longitud-peso para el género *Plagioscion* en América del Sur. H =hembra, M =macho, SC =sexos combinados, * = talla en mm.

Con relación al coeficiente de crecimiento estimado (3.220), se encuentra dentro del rango 2.499-3.338 reportados en la Tabla 3, siendo mayor que el 90.0% de ellos; aunque -por exceso- está por fuera del promedio ± intervalo de confianza al 95%, cuyo valor es 2.993 ± 0.07. Sin embargo, se confirmó la premisa de la relación inversa existente entre este parámetro de crecimiento con el factor de condición.

A pesar de la importancia pesquera y comercial de la Pacora, así como el rol que desempeña en la seguridad alimentaria de las poblaciones humanas asentadas en el área de influencia de ciénaga de Ayapel, y en la cuenca del río San Jorge, el conocimiento de aspectos básicos cuantitativos sobre su crecimiento en talla y peso, así como su factor de condición es incipiente en Colombia.

La relación longitud-peso (RLP) es una excelente herramienta de monitoreo en los desembarques de pesca comercial (VAZ-DOS-SANTOS & GRIS, 2016), y el peso es un buen estimador del bienestar o condición de los peces en un ecosistema determinado (VAZZOLER, 1996); por lo que dicha información es de gran importancia para el diagnóstico, gestión y manejo de la actividad pesquera (CASTRO et al., 2019). Por todo esto, las RLP´s de los peces son parámetros esenciales para los programas de conservación y ordenación pesquera, así como para la prevención de la explotación de individuos jóvenes y la consiguiente reducción de la población reproductora (FROESE, 2006; VICENTIN et al., 2012), especialmente en ambientes acuáticos continentales neotropicales en donde su aplicación era aún incipiente en décadas pasadas, tal y como lo afirman AGOSTINHO et al., 2008; mientras que en años recientes -en general- existe un déficit en el conocimiento sobre la relación longitud-peso de los peces neotropicales de agua dulce, de acuerdo con AZEVEDO-SANTOS et al. (2017), en donde Colombia no es la excepción.

5 | CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en este trabajo muestran que la Pacora es un pez de mediano tamaño, con dimorfismo sexual en la talla puesto que las hembras son más grandes que los machos, longitud media de captura muy inferior a la mínima legal establecida por INDERENA (1971) para la cuenca del Magdalena, lo que sugiere un serio problema de sobrepesca sobre la especie en estudio. El factor de condición, o estado de bienestar, es mucho mayor en aguas altas, lo que indica que la especie responde a la mayor disponibilidad de alimento tanto autóctono como alóctono en dicha época del ciclo hidrológico, aunque es menor que la mayoría de los reportados para el género *Plagioscion* en América del Sur; mientras que el coeficiente de crecimiento es alométrico positivo, mayor que el 90% de los informados; lo que sugiere problemas alimentarios asociados a los efectos antrópicos presentes en la cuenca del San Jorge, sumados a otros factores o tensores ambientales.

AGRADECIMIENTOS

A los pescadores artesanales y a los comercializadores de pescado de la ciénaga de Ayapel, y la cuenca del río San Jorge, a los tesistas-investigadores del laboratorio que colaboraron con esta investigación. A la Universidad de Córdoba, por la financiación recibida.

REFERENCIAS

AGOSTINHO AA, PELICICE FM, GOMES LC. **Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries**. Braz J Biol v. 68(Suppl. 4):1119–1132, 2008.

ALBIERI RJ, COSTA MR, SANTOS ABI, ALBIERI RC, ARAUJO FG. **Weight–length relationships of 22 fish species from Paraíba do Sul River in Rio de Janeiro State, southeastern Brazil**. J Appl Ichthyol v. 30(2):431-433, 2014.

ANDERSSON M. **Sexual Selection**. Princeton: Princeton University Press. 599p, 1994.

AZEVEDO-SANTOS VM, COELHO PN, BRAMBILLA EM, LIMA FP, NOBILE AB, BRITTON JR. **Length-weight relationships of four fish species from the upper Paraná River basin, Southeastern Brazil**. J Appl Ichthyol v. 34(1): 237–239, 2017.

BATISTA-SILVA VF, BAILLY D, GUBIANI ÉA, COSTA FES, LESCANO DE AMEIDA VL, LIPARELLI T. **Length-weight relationships for freshwater fish species from the Pantanal of the Negro River, Brazil**. J Appl Ichthyol v. 31(1):233-235, 2015.

BELTRÁN-ÁLVAREZ R, SÁNCHEZ-PALACIOS J, RAMÍREZ-LOZANO JP, ORTEGA-SALAS A.A. **Reproducción de *Micropterus salmoides* (Pisces: Centrarchidae), en el embalse Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa, México**. Rev Biol Trop v. 61(3):1313-1325, 2013.

BENEDITO-CECILIO E, AGOSTINHO AA, VELHO RCCM. **Length-weight relationship of fishes caught in the Itaipu reservoir, Paraná, Brazil**. Naga ICLARM Quart v. 20(3-4):57-61, 1997.

BRAMBILLA EM, GARCIA-AYALA JR, TRAVASSOS FA, CARVALHO ED, DAVID GS. **Length-weight relationships of the main commercial fish species of Tucuruí reservoir (Tocantins/Araguaia basin, Brazil)**. Bol Inst Pesca v. 41(3):665-670, 2015.

CASATTI L. **Family Sciaenidae (Drums or croakers)**. In: REIS RE, KULLANDER SO, FERRARIS CJ Jr. (eds.). Checklist of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: Editora da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul-EDIPUCRS. p599-602, 2003.

CASATTI L. **Revision of the South American freshwater genus *Plagioscion* (Teleostei, Perciformes, Sciaenidae).** Zootaxa v. 1080:39-64, 2005.

CASTRO ACL. **Idade e crescimento de *Plagioscion squamosissimus* (HECKEL, 1840) (Acanthopterygii, Sciaenidae) do reservatório de Barra Bonita-SP, através da estrutura dos otolitos**. Acta Sci v. 20(2):179-184, 1998.

CASTRO PMGC, MATSUMOTO AA, BRAZÃO ML, BASILIO LM, MARUYAMA LS. **Length–weight relationships and biological aspects for 34 fish species from Três Irmãos Reservoir, Lower Tietê River Basin, SP-Brazil.** Bol Inst Pesca v. 45(3):1-10, 2019.

CELLA-RIBEIRO A, HAUSER M, NOGUEIRA LD, DORIA CRC, TORRENTE-VILARA G. **Length–weight relationships of fish from Madeira River, Brazilian Amazon, before the construction of hydropower plants**. J Appl Ichthyol v. 31(5):939–945, 2015.

CVS-FONADE. **Diagnóstico ambiental de la cuenca hidrográfica del río Sinú. Capítulo 1**. Convenio 192026. Montería: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS)–Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE). 2004.

DAHL G. **Los peces del norte de Colombia**. Bogotá: Inderena. 391p, 1971.

DE LA HOZ-M J, MANJARRÉS-MARTÍNEZ L. **Parámetros biológico-pesqueros obtenidos a partir de la información colectada en las diferentes cuencas y litorales del país durante el período julio-diciembre de 2018**. Informe técnico. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Universidad del Magdalena. 50p, 2018.

DE LA HOZ-M J, DUARTE LO, MANJARRÉS-MARTÍNEZ L. **Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales e industriales de Colombia entre marzo y diciembre de 2017**. Informe técnico. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Universidad del Magdalena. 84p, 2017.

DUARTE LO, DE LA HOZ-M J, MANJARRÉS–MARTÍNEZ L. **Análisis de los desembarcos pesqueros artesanales registrados en las cuencas y litorales de Colombia (julio-diciembre de 2018).** Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP. 52p, 2018.

DUARTE LO, MANJARRÉS–MARTÍNEZ L, REYES-ARDILA H. **Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales e industriales de Colombia entre febrero y diciembre de 2019**. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP. 95p, 2019a.

DUARTE LO, DE LA HOZ-M J, MARTÍNEZ J, RODRÍGUEZ J, MANJARRÉS–MARTÍNEZ L. **Parámetros biológico-pesqueros obtenidos a partir del monitoreo de los desembarcos de las pesquerías artesanales de Colombia efectuado durante el período febrero-diciembre de 2019**. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP. 38p, 2019b.

DUARTE LO, CUERVO C, VARGAS O, GIL-MANRIQUE B, CUELLO F, DE LEÓN G, et al. **Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales de Colombia 2020**. Informe técnico. Santa Marta: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)-Universidad del Magdalena. 154p, 2020a.

DUARTE LO, RODRÍGUEZ J, TARAZONA D, GIL-MANRIQUE B, TEJEDA K, ISAZA E, et al. **Aspectos biológico-pesqueros de especies capturadas por las pesquerías artesanales en aguas marinas y continentales de Colombia durante el año 2020. Relaciones biométricas e indicadores basados en tallas**. Informe técnico. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP-Universidad del Magdalena. 67p, 2020b.

DUARTE LO, CUERVO C, VARGAS O, GIL-MANRIQUE B, CUELLO F, DE LEÓN G, et al. **Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales de Colombia 2021.** Informe técnico. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)-Universidad del Magdalena. 146p, 2021a.

DUARTE LO, MARTÍNEZ A, RODRÍGUEZ J, TARAZONA D, GIL-MANRIQUE B, TEJEDA K, et al. **Aspectos biológico-pesqueros de especies capturadas por las pesquerías artesanales en aguas marinas y continentales de Colombia durante el año 2021. Relaciones biométricas e indicadores basados en tallas**. Informe técnico. Informe técnico. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP-Universidad del Magdalena. 87p, 2021b.

FAIRBAIRN DJ, BLANCKENHORN WU, SZÉKELY T. (eds.). **Sex, size, and gender roles. Evolutionary studies of sexual size dimorphism**. New York: Oxford University Press. 280p, 2007.

FREITAS TMS, PRUDENTE BS, FONTOURA NF, MONTAG LFA. **Length-weight relationships of dominant fish species from Caxiuanã National Forest, Eastern Amazon, Brazil**. J Appl Ichthyol v. 30(5):1081–1083, 2014.

FROESE R. **Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations**. J Appl Ichthyol v. 22(4):241-253, 2006.

GIARRIZZO T, DE SENA OLIVEIRA RR, ANDRADE MC, GONÇALVES AP, BARBOSA TAP, MARTINS AR et al. **Length–weight and length–length relationships for 135 fish species from the Xingu River (Amazon Basin, Brazil)**. J Appl Ichthyol v. 31(2):415-424, 2015.

GILL TN. **Revision of the genera of North American Sciaeninae**. Proc Acad Nat Sci v. 13:79-89, 1861.

GRANADO-LORENCIO C. **Ecología de comunidades: el paradigma de los peces de agua dulce**. Sevilla: Universidad de Sevilla. 284p, 2000.

HERNÁNDEZ-SERNA A, MÁRQUEZ-VELÁSQUEZ V, CARVAJAL-QUINTERO JD, GULFO A, GRANADO-LORENCIO C, JIMÉNEZ-SEGURA LF. **Length–weight relationships of 38 fish species of the Magdalena River floodplain lakes**. J Appl Ichthyol v. 30(3):549-551, 2014.

HOLZBACH AJ, BAUMGARTNER G, BERGMANN F, REZENDE NETO LB, BOUMGARTNER D, SANCHES PV et al. **Caracterização populacional de *Steindachnerina insculpta* (FERNÁNDEZ-ÝEPEZ, 1948) (Characiformes, Curimatidae) no rio Piquiri**. Acta Sci Biol Sci v. 27(4):347-353, 2005.

IM JH, GIL HW, LEE TH, KONG HJ, AHN CM, KIM BS et al. **Morphometric characteristics and fin dimorphism between male and female on the Marine Medaka, *Oryzias dancena***. Dev Reprod v. 20(4):331-347, 2016.

IMOROU RS, ADITE A, SOSSOUKPE E, ABOU Y. **Lengthweight models and condition factors of fishes from Okpara Stream, Oueme River, Northern-Benin**. IJFAF v. 3(3):65–80, 2019.

INDERENA. **Resolución No. 025 del 27 de enero de 1971**. Bogotá: Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables-INDERENA. 3p, 1971.

JURAS AA, ROCHA JC da, CINTRA IHA. **Relação peso/comprimento da pescada-branca, *Plagioscion squamosissimus* (HECKEL, 1840), no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí-Pará**. Bol Téc Cient Cepnor Belém v. 5(1):105-113, 2005.

LIMA EMM, SOUSA KNS, SANTOS PRB, FERREIRA LAR, RODRIGUES AF, PANTOJA AS. **Relação peso-comprimento e fator de condição da pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*, HECKEL 1840) comercializada no município de Santarém, Pará, Brasil**. BIOTA AMAZÔNIA v. 7(2):44-48, 2017.

MADR-CCI. **Pesca y Acuicultura Colombia 2006. Informe técnico nacional.** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. Bogotá: Corporación Colombia Internacional. 138p, 2006.

MADR-CCI. **Pesca y Acuicultura Colombia 2007. Informe técnico nacional** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. Bogotá: Corporación Colombia Internacional. 154p, 2007.

MADR-CCI. **Pesca y Acuicultura Colombia 2008. Informe técnico regional cuencas del Magdalena, Sinú y Atrato**. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. 70p, 2008.

MADR-CCI. **Pesca y Acuicultura Colombia 2010. Informe técnico nacional**. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. Bogotá: Corporación Colombia Internacional. 160p, 2010.

MILES C. **Peces del río Magdalena**. Bogotá: Ministerio de Economía Nacional, Sección de Piscicultura, Pesca y Caza. 214p, 1947.

OLAYA-NIETO CW, MARTÍNEZ-GONZÁLEZ ÁL, SEGURA-GUEVARA FF, TORDECILLA-PETRO G, DÍAZ-SÁNCHEZ DP, PÉREZ-DORIA WA. **Ecología trófica de la Pacora (*Plagioscion magdalenae*) (Pisces: Perciformes) en la ciénaga de Ayapel, sistema río San Jorge**. Neiva: Memorias V Congreso Colombiano de Acuicultura y Congreso SLA. Revista Entornos (Supl. Esp.). p146, 2011.

OLAYA-NIETO CW, SEGURA-GUEVARA FF, PÉREZ-DORIA WA, BLANCO-LÓPEZ N, LÓPEZ-CORRALES HJ, TORDECILLA-PETRO, G. **Ecología reproductiva de Pacora (*Plagioscion magdalenae* STEINDACHNER, 1878) en la ciénaga de Ayapel, sistema río San Jorge**. Bogotá: Memorias XII Congreso Colombiano de Ictiología & III Encuentro de Ictiólogos Suramericanos. p98, 2013.

OLAYA-NIETO CW, SEGURA-GUEVARA FF, TORDECILLA-PETRO G, MARTÍNEZ-GONZÁLEZ Á, VARGAS-GONZÁLEZ J. ***Biología básica de peces comerciales de la cuenca del río Sinú, Colombia.*** Informe final. Lorica: Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Programa de Acuicultura, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. 127p, 2022.

OTA K, KOHDA M, SATO T. **Unusual allometry for sexual size dimorphism in a cichlid where males are extremely larger than females**. J Biosci v. 35(2):257-265, 2010.

PARENTI P. **An annotated checklist of fishes of the family Sciaenidae**. J animal divers v. 2(1):1–92, 2020.

PUENTES V, ESCOBAR FD, POLO CJ, ALONSO JC. (eds.). **Estado de los principales recursos pesqueros de Colombia Serie Recursos Pesqueros de Colombia 2014**. Oficina de generación del conocimiento y la información. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP. 244p, 2014.

RICKER WE. **Computation and interpretation of biological statistics of fish population**. J Fish Res Board Can v. 191:1-382, 1975.

RIOFRÍO JC. **Contribución al conocimiento de la biología de la corvina *Plagioscion squamosissimus* (Perciformes: Sciaenidae) de Ucayali**. Rev Inv Vet Perú v. 20(2):339-344, 2009.

RODRIGUES AM, RODRIGUES JD, MORAES MN de, FERREIRA AE. **Aspectos da estrutura populacional da pescada-do-piauí *Plagioscion squamosissimus* (HECKEL, 1840) (Osteichthyes, Sciaenidae), na represa de Bariri, Rio Tietê, Estado de São Paulo, Brasil**. B Inst Pesca v. 15(2):155-167, 1988.

SEGURA-GUEVARA FF, CONTRERAS ML, OLAYA-NIETO CW. **Relación longitud-peso de la Cachana (*Cynopotamus atratoensis*) en la ciénaga Grande de Lorica, Colombia**. Acta Biol Colomb v. 16(1):77-89, 2011.

SEGURA-GUEVARA FF, ARELLANO-PADILLA JOHN J, MARTÍNEZ-GONZÁLEZ ÁL, COGOLLO-LÓPEZ XIOMARA E, TORDECILLA-PETRO G, SOLANO-PEÑA DC, et al. **Hábitos alimentarios de la Pacora *Plagioscion magdalenae* en la ciénaga de Ayapel, Colombia**. En: Freitas DRJ (ed.). Ciencias biológicas: vida y organismos vivos 2. Ponta Grossa: Atena. p37-50, 2023.

SILVA SLF, SILVA LMA, CORDEIRO AM, PINHEIRO MB. **Relação peso-comprimento da pescada branca, *Plagioscion squamosissimus* HECKEL, 1840 (Perciformes, Sciaenidae) desembarcada no município de Oiapoque**. BIOTA AMAZÔNIA v. 7(4):38-40, 2017.

SOSA DLM. **Estimación de edad y crecimiento de la "pácora" (*Plagioscion surinamensis* BLEEKER, 1873) por medio de la comparación de los métodos de análisis de distribución de frecuencias y las marcas en escamas y otolitos**. Acta Amazónica 1992; 22(3): 369-380.

SPARRE P, VENEMA SC. **Introduction to tropical fish stock assessment**. Part 1. Manual. Rome: FAO Fisheries Technical Paper v. 306.1(Rev. 2):1-407, 1998.

STEINDACHNER F. **Zur Fisco-Fauna des Magdalenen-Stromes**. Anz Akad Wiss Wien v. 15 (12):88-91, 1878.

TRESIERRA AE, CULQUICHICÓN ZG. **Biología pesquera.** Trujillo: Concytec. 432p, 1993.

VAZ-DOS-SANTOS AM, GRIS B. **Lenght-weight relationship of the ichthyofauna from a coastal subtropical system: a tool for biomass estimates and ecosystem modelling**. Biota Neotropica v. 16(3):1-5, 2016.

VAZZOLER AEA de M. 1996. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: EDUEM. 169p, 1996.

VICENTIN W, COSTA FES, SUAREZ YR. **Length–weight relationships and length at first maturity for fish species in the upper Miranda River, southern Pantanal wetland, Brazil**. J Appl Ichthyol 28(1):143-145, 2012.

VIDOTTO-MAGNONI AP, CARVALHO ED. **Population biology of dominant fish species of the Santa Bárbara river, a tributary of the Nova Avanhandava reservoir (low Tietê river, São Paulo State, Brazil)**. Acta Sci Biol Sci v. 31(1):55-63, 2009.

WEATHERLEY A. **Growth and ecology of fish populations**. London: Academic Press. 293p, 1972.

ZUCHI N, RÖPKE C, SHIBUYA A, FARAGO T, CARMONA M, ZUANON J, et al. **Length-weight relationship of fish species from Central Amazon floodplain**. J Appl Ichthyol 36(6):837-841, 2020.

EVALUACIÓN DE LA MORFOLOGÍA Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Clusia pseudomangle* EN CHOTA, PERÚ

Data de submissão: 28/09/2023
Data de aceite: 01/11/2023

Wilder Eli Diaz Ticlla
Universidad Nacional Autónoma de Chota
Cajamarca, Perú.

Yuli Anabel Chávez-Juanito
Universidad Nacional Autónoma de Chota
Cajamarca, Perú.
https://orcid.org/0000-0002-0136-2113

Emer Ronald Rosales Solórzano
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Departamento Académico de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente
Puerto Maldonado, Perú.
https://orcid.org/0000-0003-1035-8244

Roger Chambi-Legoas
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Departamento Académico de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente
Puerto Maldonado, Perú.
https://orcid.org/0000-0001-8473-0462

RESUMEN: El estudio tuvo como objetivo describir la morfología del fruto-semilla y evaluar la germinación de *Clusia pseudomangle* bajo diferentes sustratos. Se utilizó un diseño totalmente al azar con tres tratamientos (T1: Sustrato de algodón, T2: Papel absorbente y papel filtro, T3: Aserrín), cinco repeticiones y 100 semillas por cada sustrato de cultivo. Los resultados mostraron que el fruto de *C. pseudomangle* es de tipo carnoso, dehiscente, cápsula drupácea con dehiscencias septicida, forma redondeada, color verde claro a verde amarillento, peso promedio de 16,58 g, y cada fruto tiene cinco carpelos de 2 a 3 semillas en cada una. Las semillas tienen un arilo de color anaranjado presentando 4 hilos, se desarrollan de 2 a 3 semillas dentro del arilo, su testa es de tipo rugosa, tiene forma oblonga, color rosa anaranjado a marrón. Los sustratos utilizados presentaron efectos diferentes en la germinación ($p<0,05$); la aplicación de T1 resultó en un 91% de germinación, e índice velocidad de germinación de 7 semillas germinadas por día, valores significativamente mayores a T2 y T3. El tiempo medio de germinación fue significativamente mayor en T1 y T2 de alrededor de 15 días. De este modo, la aplicación de sustrato a base de algodón fue el más adecuado para incrementar el porcentaje de germinación e índice de velocidad de germinación, y reducir el tiempo medio de germinación.

PALABRAS CLAVES: Sustratos, in vitro, fruto.

EVALUATION OF MORPHOLOGY AND GERMINATION OF *Clusia pseudomangle* SEEDS IN CHOTA, PERÚ

ABSTRACT: The objective of the study was to describe the morphology of the seed-fruit and to evaluate the germination of *Clusia pseudomangle* under different substrates. A totally randomized design with three treatments (T1: Cotton substrate, T2: Absorbent paper and filter paper, T3: Sawdust), five replicates and 100 seeds per growing substrate was used. The results showed that the fruit of *C. pseudomangle* is fleshy type, dehiscent, drupaceous capsule with septicidal dehiscences, rounded shape, light green to yellowish green color, average weight of 16.58 g, and each fruit has five carpels of 2 to 3 seeds in each. The seeds have an orange aril with 4 threads, 2 to 3 seeds develop inside the aril, their testa is rough, oblong in shape, orange pink to brown in color. The substrates used showed different effects on germination ($p<0.05$); the application of T1 resulted in 91% germination, and germination speed index of 7 germinated seeds per day, values significantly higher than T2 and T3. The mean germination time was significantly higher in T1 and T2 of about 15 days. Thus, the application of cotton-based substrate was the most suitable to increase the germination percentage, germination speed index, and reducing the mean germination time.
KEYWORDS: Substrates, in vitro, fruit.

INTRODUCCIÓN

Clusia pseudomangle Planch & Triana (lalush) es un árbol dioico de hasta 13 m de altura, con fuste recto a irregular, su fruto es una cápsula drupácea con dehiscencia septicida de forma esférica a globosa conteniendo a sus semillas envuelto en un arilo anaranjado (MEDINA, 2013). Se encuentra principalmente en zonas de bosques húmedos amazónicos y montanos, entre los 1 000 y 3 000 m s.n.m. (LEÓN et al., 2006), y es utilizada como forraje en animales vacunos en la región de Cajamarca como también para construir viviendas, muebles y herramientas para la agricultura (ALVA; MARTÍNEZ; MEDINA, 2020). Las especies endémicas están sufriendo fuerte presión antrópica debido a la expansión agrícola, deforestación y crecimiento poblacional en los ecosistemas que las albergan. Las actividades que más impactan a los bosques nativos son la agricultura, ganadería, minería, y construcción de vías, afectando a la flora y fauna nativa de Cajamarca (SMITH; SCHWARTZ, 2015). En la actualidad, la mayor parte de estudios de investigación se enfocan en estudiar las especies exóticas, dejando de lado las especies nativas que a su vez sufren mayor degradación (BANDA et al., 2018). Para efectuar trabajos con semillas forestales, se deben conocer las estructuras internas, de modo que un estudio morfológico es la base científica para comprender aspectos como identificación, colecta, distribución y análisis (MOREIRA; ARNÁEZ, 1994).

Un estudio morfológico y germinativo de las especies forestales es importante para concretar su establecimiento y reproducción natural. En este contexto, el objetivo del estudio fue describir la morfología del fruto-semilla y evaluar la germinación de *Clusia pseudomangle* usando tres diferentes sustratos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el centro poblado El Verde, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región de Cajamarca, Perú, localizado en las coordenadas geográficas 6º30'55,1520'' S y 78º31'18,0981'' O, a una altitud de 2 981 m s. n. m (Figura 1). El clima de la zona es lluvioso con otoño e invierno secos templado, la temperatura máxima es de17°C a 23°C y mínima es de 3°C a 7°C, con una precipitación aproximada anual de 700 mm y 1500 mm (SENAMHI, 2020).

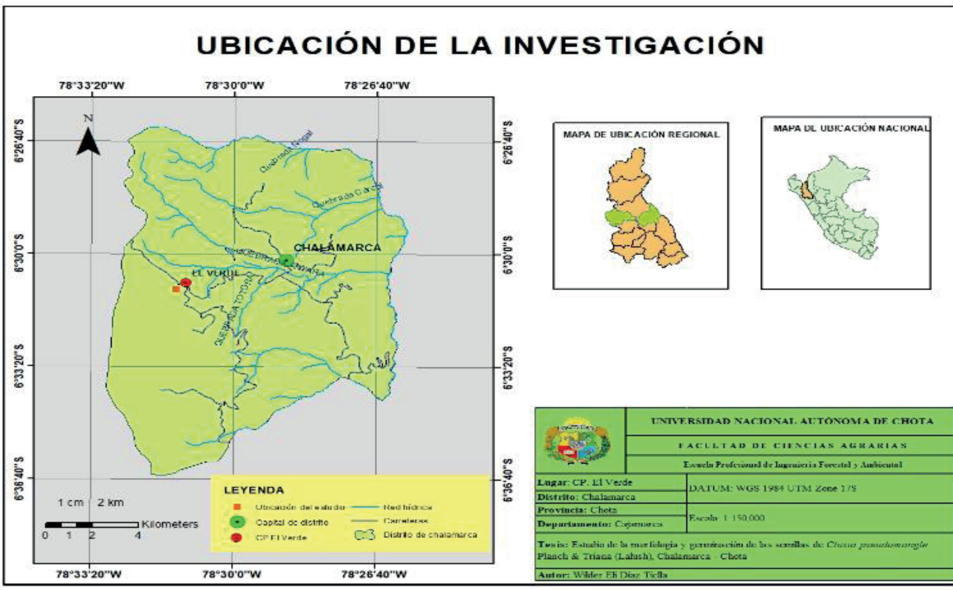


Figura 1. Mapa de ubicación del lugar en donde se realizó los ensayos.

Se seleccionaron árboles vigorosos bien formados y dominantes en dosel de los que se recolectaron los frutos desde la mitad de copa hacia arriba (VARELA; APARICIO, 2011). Luego los frutos fueron colocados en una manta y expuesto a temperatura ambiente durante dos meses, hasta la apertura natural del fruto para extracción de las semillas. Seguidamente las semillas se almacenaron durante 15 días envueltas en papel filtro para su deshidratación y desprendimiento del arilo de las semillas, luego se seleccionaron las semillas sanas. Se utilizaron formatos de identificación de colores mediante el "Grupo de colores según la carta de colores RHS (INTERNATIONAL UNION FOR THE PROTECTION OF NEW VARIETIES OF PLANTS, 2020) para identificar el color del fruto y semilla.

Las semillas de *C. pseudomangle* se sometieron a un ensayo de germinación en cajas petri estériles de plástico (90 x 15 mm) en un diseño completamente al azar con 3 tratamientos de tipos de sustrato de cultivo: Sustrato de algodón (T1), sustrato de papel absorbente y papel filtro (T2), y sustrato de aserrín (T3), en 5 repeticiones y 100 semillas por cada sustrato.

Para determinar el efecto del sustrato en la germinación se emplearon las siguientes fórmulas.

Porcentaje de germinación:

$$(\%\ G)=\frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{número de semillas incubadas}}x100$$

Tiempo medio de germinación:

$$(TMG)=\frac{((s1d1)+(s2d2)+\cdots(sndn))}{sn}$$

Donde, s1, s2, s15 = semillas germinadas; día 1, 2,...sn; d1, d2,... dn = días incubación (RANAL; GARCIA, 2006).

Índice de velocidad de germinación:

$$(IVG)=\sum_{i=1}^{s}\frac{Si}{Ti}$$

donde, Si es el número de semillas germinadas en lapsos de tiempo consecutivos, Ti es el tiempo en días transcurrido entre el inicio de la prueba y el fin del intervalo (MAGUIRE, 1962).

Los datos fueron tabulados en Microsoft Excel y sometidos a prueba de normalidad de datos y homogeneidad de varianza. Los datos, siendo normales y homogéneos, se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) por la prueba de F. Seguidamente, las medias son comparadas mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Los análisis fueron realizados en el software IBM SPSS Statistics 25.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Caracterización morfológica del fruto y semilla de *Clusia pseudomangle*:

Los frutos de *C. pseudomangle* present*ó* una forma esférica a globosa, de tipo carnoso, capsula drupácea con dehiscencia septicida (Figura 2), características similares a *Clusia* vel. sp. Nov, que presenta un fruto con forma de cápsula septicida, gruesa, carnosa, 1-2,5 cm, 5 estigmas, columnela de cinco alas, arilo carnoso y cuando se abre presenta cinco lóculos (ZENTENO, 2007). El largo de los frutos fue de 30,81 a 36,03 cm y el diámetro varió entre 24,34 a 33,28 cm; de color verde claro a verde amarillento medio similar a *Clusia pachamamae* (ZENTENO; FUENTES, 2008). El peso del fruto varió entre 12,86 g a 19,75 g, y cada fruto contuvo de siete a doce semillas maduras. La variación de la morfología de los frutos es una respuesta de las plantas a los cambios ambientales a los que están expuestas (RUBIO et al., 2011), además, también es afectado por el lugar de procedencia (LÓPEZ et al., 2018).

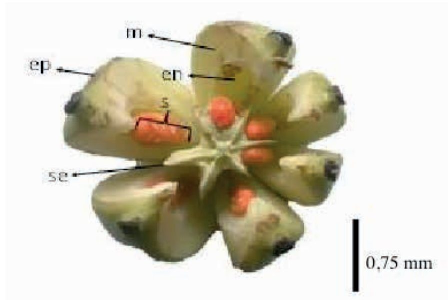


Figura 2. Partes del fruto de *Clusia pseudomangle*. ep: epicarpo, m: mesocarpo, en: endocarpo, se: septos, s: semillas.

La morfología de la semilla de *C. pseudomangle* presentó testa de tipo rugosa de color rosa anaranjado medio a marrón medio, de forma oblonga, embrión externo de tipo axial, con peso entre 0,03 a 0,04 g, con una longitud de 5,85 a 7,06 mm, y diámetro de 2,58 a 2,98 mm (Figura 3). Estas características son similares a la de *Clusia pachamamae* descrito por ZENTENO e FUENTES (2008) y a *Clusia nitida* descrito por BITTRICH; NUNES; GILBERT (2013) quienes indican que la semillas tiene una coloración de verde a verde parduzcas, arilo carnoso de color naranja intenso.

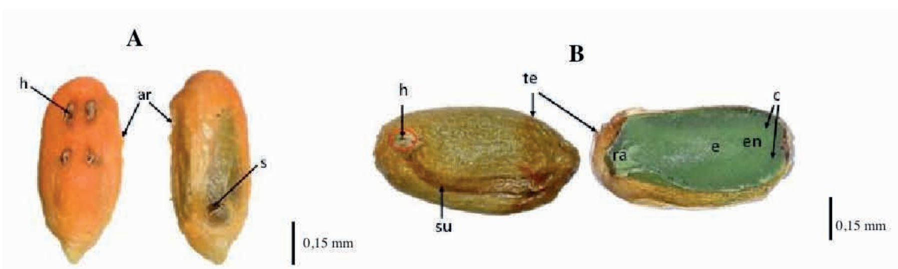


Figura 3. Partes de la semilla de *Clusia pseudomangle*. h: hilo, ar: arilo, s: semilla, su: sutura, te: testa, ra: radícula, e: embrión, en: endospermo, c: cotiledones.

Evaluación de germinación de la semilla de *Clusia pseudomangle*

C. pseudomangle mostró una germinación epigea, que inició a los 7 días (Figura 4B) y se extendió hasta los 30 días (Figura 4C). El desarrollo de las plántulas fue muy lento, tanto que a los 78 días (Figura 4D) se observó su primer par de hojas fotosintéticas (cotiledones) con forma redondeada.

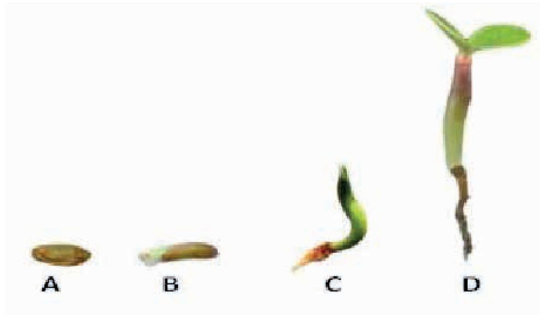


Figura 4. Proceso de germinación de *Clusia pseudomangle*.

En T1 (sustrato de algodón) se observó una mayor germinación con el 91% de semillas germinadas, al utilizar algodón como sustrato (Figura 5), esto podría explicarse porque el algodón acumula más humedad generando un ambiente propicio para el desarrollo de ños embriones de la semilla de *C. pseudomangle.* Para una mayor tasa de germinación debe haber condiciones ambientales adecuadas de gases, agua, temperatura y luz (BRAVO, 2014).

En T3 (sustrato de aserrín) la germinación fue de 73% (Figura 5); esta menor tasa puede deberse a que el aserrín fresco contiene gran cantidad de hidrogeno y puede obtener sustancias dañinas como los taninos y resinas para el desarrollo del embrión. El utilizar aserrín puro sin ningún método de esterilización contiene sustancias tóxicas que afectan negativamente el proceso germinativo (RODRÍGUEZ et al., 2018).

El menor porcentaje de germinación se obtuvo con el tratamiento T2 (sustrato de papel absorbente y papel filtro) con el 62% de semillas germinadas (Figura 5). En este sustrato las condiciones de humedad son muy bajas, y al cubrirse las semillas con papel filtro se reduce la exposición de luz a la semilla. En *Clusia hilariana* se observó una disminución tanto en la germinación final como en la rapidez de germinación, cuando las semillas fueron sometidas a a soluciones con potenciales hídricos entre 0 y –1,0 MPa, por lo tanto, la disponibilidad de agua es probablemente un factor abiótico que influye en las plántulas de *C. hilariana* (CAVALCANTE; ARCOVERDE, 2002).

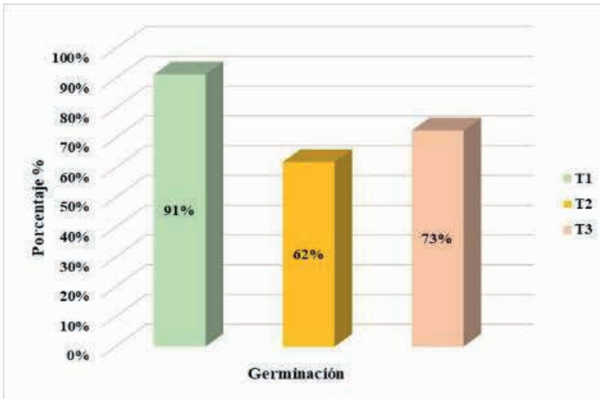


Figura 5. Porcentaje de germinación de semillas de *C. pseudomangle* en cajas petri estériles, bajo tres diferentes sustratos: Sustrato de algodón (T1), sustrato de papel absorbente y papel filtro (T2), y sustrato de aserrín (T3).

Índice de velocidad de germinación (IVG) y tiempo medio de germinación (TMG)

Para IVG y TMG los tres tratamientos no mostraron diferencias significativas en condiciones de temperatura promedio de 12 ºC y 17 ºC. El sustrato T1 a base de algodón obtuvo mayor IVG (Figura 6) en comparación con los otros sustratos, indicando que un sustrato estéril que retiene una mayor cantidad humedad tiene un efecto positivo en las semillas de *C. pseudomangle*. Por otra parte, la temperatura fue un factor importante para la germinación, esto porque la temperatura es un factor que determina tanto el inicio como la velocidad de germinación (SÁNCHEZ et al., 2010).

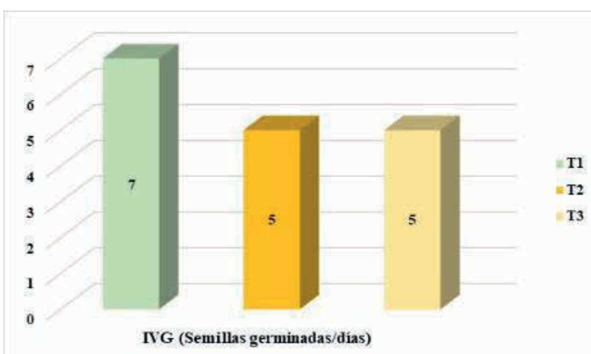


Figura 6. Índice velocidad de germinación de semillas de *C. pseudomangle* en cajas petri estériles, bajo tres diferentes sustratos: Sustrato de algodón (T1), sustrato de papel absorbente y papel filtro (T2), y sustrato de aserrín (T3).

Para el tiempo medio de germinación (TMG), los sustratos T1 y T2 mostraron un efecto positivo más fuerte en comparación con el sustrato a base de aserrín que no fue esterilizado (Figura 7).



Figura 7. Tiempo medio de germinación de semillas de *C. pseudomangle* en cajas petri estériles, bajo tres diferentes sustratos: Sustrato de algodón (T1), sustrato de papel absorbente y papel filtro (T2), y sustrato de aserrín (T3).

CONCLUSIONES

C. pseudomangle tiene frutos de tipo carnoso, dehiscente, cápsula drupácea con dehiscencias septicida, dando una forma redondeada teniendo un color de verde claro a verde amarillento medio, cada fruto tiene 5 carpelos con 9 semillas por cada fruto. Las semillas están envueltas en un arilo de color anaranjado, la testa es de tipo rugosa, presenta una forma oblonga, un color de rosa anaranjado medio a marrón medio.

El sustrato de algodón presentó un mayor efecto positivo de 91 % de germinación y más alto índice velocidad de germinación con 7 semillas germinadas por día. Para el tiempo medio de germinación, tanto el sustrato de algodón como el sustrato de papel absorbente y papel filtro resultaron ser mejores para reducir el tiempo de germinación de *C. pseudomangle*.

REFERENCIAS

ALVA, D.; MARTÍNEZ, G.; MEDINA, W. Potencial Forrajero de Clusia Pseudomangle Planch. & Triana (Clusiaceae) y Delostoma Integrifolium D. Don (Bignoniaceae). **Arnaldoa**, v. 27, n. 2, p. 587–594, 2020.

BANDA, N. et al. Efecto de Un Tratamiento Pre-Germinativo En Semillas de Cedrela Lilloi (Cedro de Altura) C . DC . y Prunus Ruiziana Koehne (Layo). **Artículo preliminar**, v. 1, n. 1, p. 1–8, 2018.

BITTRICH, V.; NUNES, F.; GILBERT, M. Clusia Nitida, Una Nueva Especie de Clusia (Clusiaceae) de La Amazonía Brasileña. **Phytotaxa**, v. 100, n. 1, p. 36–40, 2013.

BRAVO, E. **Germinación de semilla botánica de Terminalia amazonia (j. f. gmel.) exell, utilizando cinco tratamientos pregerminativos**. 2014. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.

CAVALCANTE, A.; ARCOVERDE, E. Germinação de Clusia Hilariana Schltdl. (Clusiaceae) Em Diferentes Potenciais Hídricos. **PELD & FAPERJ**, p. 1–2, 2002.

INTERNATIONAL UNION FOR THE PROTECTION OF NEW VARIETIES OF PLANTS. **Glossary of terms used in UPOV documents**. [s.l.] Associated Document to the, 2020. .

LEÓN, B. et al. El Libro Rojo de Las Plantas Endémicas Del Perú. **Revista Peruana de Biología**, v. 13, n. 2, p. 1–980, 2006.

LÓPEZ, S. et al. Caracterización Morfométrica de Frutos y Semillas de Charalina, Casimiroa Edulis (Rutaceae). **Rebiol**, v. 37, n. 1, p. 30–35, 2018.

MAGUIRE, J. D. Speed of Germination-Aid in Selection and Evaluation for Seedling Emergence and Vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176–177, 1962.

MEDINA, A. **Identificación y caracterización de las especies forestalesdel bosque montano Las Palmas- Chota**. 2013. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, 2013.

MOREIRA, I.; ARNÁEZ, E. Morfológia de Las Estructuras Reproductoras y Germinación de Nueve Especies Forestales Nativas de Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, v. 42, n. 2, p. 73–82, 1994.

RANAL, M. .; GARCIA, D. How and Why to Measure the Germination Process? **Revista Brasileira de Botanica**, v. 29, n. 1, p. 1–11, 2006.

RODRÍGUEZ, R. et al. Germinación y Crecimiento Inicial de Prosopis Laevigata Utilizando Sustratos Locales. **Revista Iberoamericana de Ciencias**, v. 5, n. 1, p. 24–33, 2018.

RUBIO, L. et al. Variación Del Tamaño de Frutos y Semillas En Siete Especies de Encino (Quercus, Fagaceae). **Polibotánica**, n. 32, p. 135–151, 2011.

SÁNCHEZ, B. et al. Germinación de Tres Cactáceas Que Habitan La Región Costera Del Noroeste de México. **Asociación Interciencia**, v. 35, n. 4, p. 299–305, 2010.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (SENAMHI). **Mapa climático del Perú**. [s.l.] Ministerio del Ambiente, 2023. .

SMITH, J.; SCHWARTZ, J. **La deforestación en el perú: Cómo las comunidades indígenas, agencias gubernamentales, organizaciones sin fines de lucro y negocios trabajan juntos para detener la tala de los bosques**. [s.l.] Otoño, 2015.

VARELA, S.; APARICIO, A. **Aspectos básicos sobre semillas y frutos de especies forestales . Recomendaciones para su cosecha**. [s.l.] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2011. .

ZENTENO, F. Referencias Botánicas , Ecológicas y Económicas Del Aprovechamiento Del Incienso (Clusia Vel . Sp . Nov ., Clusiaceae) En Bosques Montanos Del Parque Nacional Madidi , Bolivia. **Ecología en Bolivia**, v. 42, n. 2, p. 148–156, 2007.

ZENTENO, F.; FUENTES, A. . El Incienso de Bolivia: Una Especie Nueva de Clusia (Clusiaceae) de Los Bosques Montanos Del Norte de La Paz, Bolivia. **Novon**, v. 18, n. 1, p. 130–134, 2008.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES EN EL RÍO TORIBIO DE CIÉNAGA - MAGDALENA - COLOMBIA

Data de submissão: 31/10/2023 *Data de aceite: 01/11/2023*

Fanny Matilde Pinzón Candelario
Universidad América de Europa. México, Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente, Santa Marta-Colombia.
https://orcid.org/0000-0002-2082-2971

Cindy Lorena García Pinto
Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente, Santa Marta-Colombia.
https://orcid.org/0000-0002-3454-8934

Jazmín A. Ávila Treviño
Universidad América de Europa. México.
https://orcid.org/0009-0002-3583-1050.

RESUMEN: La calidad del agua en diversos ecosistemas acuáticos ha cobrado gran relevancia en la actualidad debido a las afectaciones que se presentan por el impacto antropogénico, es por esto, que países desarrollados han realizado planes de manejo de los ecosistemas basados en su mayoría en el uso de índices fisicoquímicos que brindan una data instantánea acerca del estado del recurso y de acuerdo a estos índices, establecen normatividad sobre el manejo de dicho recurso. Por ello, en la actualidad el uso de bioindicadores ha tomado gran relevancia a la hora de evaluar ecosistemas acuáticos, ya que pueden evaluar no solo la calidad en términos fisicoquímicos sino la calidad ecológica de todo el ecosistema. En este sentido, la investigación pretendió evaluar la calidad del agua del Río Toribio utilizando los macroinvertebrados como bioindicadores, aplicando el índice biológico BMWP - Biological Monitoring Working Party-. El estudio fue de tipo descriptivo ya que se recogieron datos fisicoquímicos y de las diferentes poblaciones de macroinvertebrados presentes en tres estaciones establecidas en la zona baja del Río Toribio en dos épocas pluviométricas del año: una de lluvia y otra seca. Para ello se realizó captura de especímenes, identificación y clasificación taxonómica para posteriormente realizar la aplicación del índice BMWP, con el fin de establecer la calidad ecológica del ecosistema. Dentro de los datos obtenidos de los muestreos realizados, uno de los más notorios es la diferencia de macroinvertebrados presentes en las dos épocas estudiadas (temporada seca y temporada de lluvia) y cómo estas condiciones afectan la presencia o ausencia

de estas especies.
PALABRAS-CLAVE: Índice BMWP; bioindicador; calidad ecológica; diversidad, abundancia.

EVALUATION OF WATER QUALITY THROUGH THE USE OF MACROINVERTEBRATES AS BIOINDICATORS IN THE TORIBIO RIVER OF CIÉNAGA - MAGDALENA - COLOMBIA

ABSTRACT: Water quality in various aquatic ecosystems has become very important nowadays due to the effects of anthropogenic impact, which is why developed countries have made managements plans for these ecosystems based mostly on the use of physicochemical indices that provide instantaneous data on the state of the resource and, according to these indices, establish regulations on the management of this resource. Therefore, at present the use of bioindicators has become very relevant when evaluating aquatic ecosystems, since they can evaluate not only the quality in physicochemical terms but also the ecological quality of the entire ecosystem. In this sense, the research aimed to evaluate the water quality of the Toribio River using macroinvertebrates as bioindicators, applying the BMWP -Biological Monitoring Working Party- biological index. The study was descriptive since physicochemical data and the different populations of macroinvertebrates present in three stations established in the lower area of the Toribio River were collected in two rainy seasons of the year: one rainy and the other dry. For this, specimen capture, identification and taxonomic classification were carried out to later apply the BMWP index, in order to establish the ecological quality of the ecosystem. Among the data obtained from the sampling, one of the most notable is the difference in macroinvertebrates present in the two seasons studied (dry season and rainy seasons) and how these conditions affect the presence or absence of these species.
KEYWORDS: BMWP Index; bioindicator; ecological quality; diversity, abundance.

INTRODUCCIÓN

Uno de los recursos naturales más importantes que encontramos en el planeta, son los ecosistemas acuáticos, sin embargo, a pesar de su gran importancia para la vida y subsistencia de todos los organismos, han sido afectados por las actividades humanas, lo que ha causado una reducción de biota acuática y en algunos casos hasta su extinción total (Lara et al., 2008).

Dentro de la biota de los ecosistemas acuáticos, se destacan los macroinvertebrados, organismos que se caracterizan por ser visibles a simple vista y tener tamaños mayores a 0.5 mm de longitud, lo que les permite quedar retenidos en tamices de tamaño 30US Standard. Estos organismos reciben el prefijo “macro” debido a que en sus primeros estados larvarios son retenidos en redes de 200-500mm, mientras que, en su forma adulta, alcanzan tamaños superiores a 2.5 mm (Rosenberg y Resh, 1993; González y García, 1995).

Los macroinvertebrados exhiben una gran diversidad y se encuentran en una variedad de hábitats, tanto en aguas tranquilas o lénticas como en aguas rápidas o lóticas

(Álvarez, 2005). Estos organismos se desarrollan en el fondo de ríos y lagos, algunos se entierran en sustratos, se adhieren a piedras, troncos o vegetación acuática, o nadan libremente en el agua. Este grupo abarca taxones como moluscos, crustáceos y ciertos géneros de insectos (González y García, 1995).

Los macroinvertebrados son valiosos bioindicadores de la salud y calidad de los ecosistemas acuáticos (Roldán, 2016). Su presencia en un ecosistema proporciona información sobre las condiciones físicas, químicas y biológicas prevalecientes, así como sobre las presiones antrópicas que afectan a estos sistemas naturales (Barbour et al., 1999). Esto ha sentado las bases para el desarrollo de estrategias de gestión orientadas a la recuperación de estos ecosistemas (Roldán, 2016).

En este contexto, el presente estudio se centra en el análisis de la abundancia, riqueza y composición de poblaciones de macroinvertebrados en el Río Toribio, un curso de agua lótica ubicado en el Municipio de Ciénaga, vereda La Jolonura. Este análisis tiene como objetivo principal utilizar a los macroinvertebrados como bioindicadores para evaluar la calidad del agua en un sistema vital para el abastecimiento de agua en la ciudad de Ciénaga-Magdalena. Este río ha experimentado importantes pérdidas y daños debido a la deforestación, contaminación a lo largo de su curso y actividades mineras.

El estudio aplicó una metodología cualitativa y cuantitativa, considerando variables ecológicas como abundancia y riqueza, así como variables fisicoquímicas, que incluyen temperatura, pH, turbidez, TDS (Sólidos totales disueltos), conductividad, dureza, cloro libre, hierro, nitratos, nitritos y otras. Además, se empleó el índice de calidad biológica BMWP (Biological Monitoring Working Party Score) como una variable multivariable ecológica. Este índice clasifica los organismos según su tolerancia a diferentes niveles de contaminación y asigna puntuaciones, cuyo rango varía según el índice utilizado. La calidad del río estudiado se determina mediante la suma de los valores de cada organismo presente en el ecosistema (Álvarez, 2005).

MATERIAL Y MÉTODOS

Area de estudio

El estudio se desarrolló en la cuenca baja del río Toribio que forma parte de la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el Municipio de Ciénaga del Departamento del Magdalena, corregimiento Cordobita (figura 2), vereda La Jolonura (11°05’ N, 74°04’ W), desde una altitud de 0 metros sobre el nivel del mar y 1500 msnm.

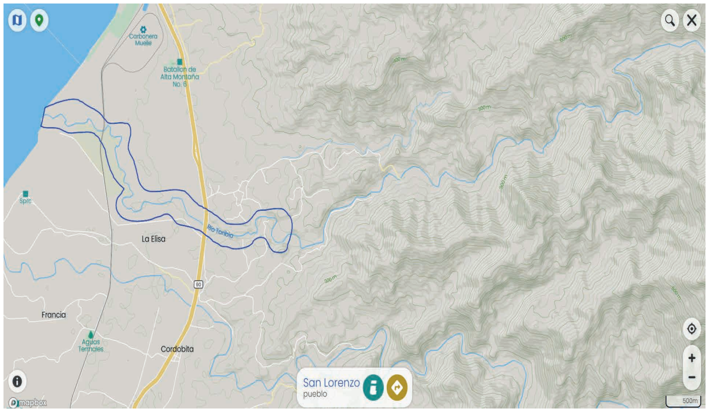


Figura 2. Ubicación área de estudio

Fuente: Adaptado de Mapbox (s.f.).

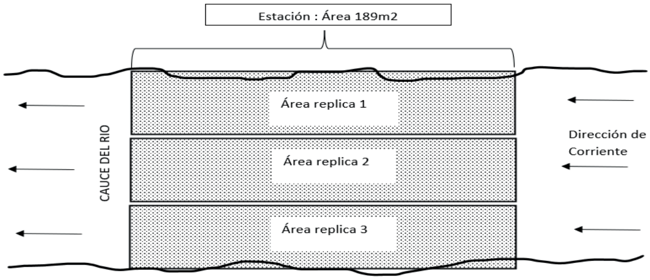
Diseño de muestreo

Para el desarrollo del estudio se realizó un recorrido previo por toda la cuenca baja del río entre una altitud de 0 msnm y 250 msnm con el fin de identificar zonas estratégicas con ayuda de la cartografía (tabla 1). De acuerdo con esto se tomaron tres sitios de muestreo (Estación 1: transecto bajo, Estación 2: transecto medio, Estación 3: transecto alto). Para la escogencia de las estaciones se determinó las características físicas del sustrato del hábitat de cada sección.

Sección	Sustrato	Corriente
Alto	Peñas, rocas grandes y medianas y canto rodado	Corriente que presenta choros rápidos.
Medio	Guijarro y grava	Zona que presenta un canal más ancho con profundidades menores, en donde podemos encontrar pozas.
Bajo	Arena y limo. Presencia de vegetación sumergida	Zona que presente bajas corrientes, con pozas y espejos de agua con (flujo laminar)

Tabla 1. Sección de acuerdo con el tipo de sustrato

En cada área de muestreo se tomó un transecto de 189 m2, divididos en 3 áreas de réplicas de 63 m2 cada una como lo muestra la figura 3, de acuerdo con el protocolo de AUSRIVAS. En cada punto se evaluó adicionalmente la ausencia, presencia y porcentaje de materia orgánica teniendo en cuenta la cobertura del cauce.



Nota: El gráfico representa una estación de muestreo y distribución de los transectos de réplicas al interior de la estación.

Figura 3. Distribución estación de muestreo

Teniendo en cuenta que el Municipio de Ciénaga presenta tres temporadas bastante marcadas en el año, una seca que va de diciembre a abril, una intermedia de mayo a julio y una de lluvias que va de septiembre a noviembre, se realizaron 2 muestreos, uno en época de baja pluviosidad y otro en época de alta pluviosidad. (figura 4).

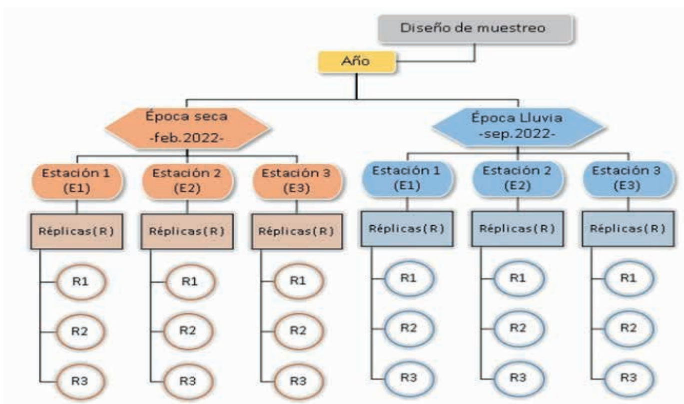


Figura 4. Diseño de muestreo

Fuente: elaboración propia

Muestreo e identificación de los macroinvertebrados acuáticos

El presente estudio fue de tipo cualitativo y cuantitativo, por lo que se utilizó un método de colecta diferente para cada caso de acuerdo con lo establecido en el protocolo metodológico elaborado por el Instituto Von Humboldt de Colombia (Alvarez, 2005), para la evaluación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos.

Para la colecta de macroinvertebrados del estudio cualitativo, en cada transecto de muestreo se realizó un arrastre en contra de la corriente con la red D-net, por una longitud de 14 metros y un ancho aproximado de 4,5 metros, durante 15 minutos aproximadamente, esta actividad se realizó en 3 réplicas que cubriera las dos orillas de cauce y la zona central

del río que fue delimitada con antelación, por otro lado se hizo un barrido en troncos y se levantaron rocas al azar a lo largo del cauce del río, con el objeto de obtener muestras de la mayor cantidad de hábitats posibles. Posteriormente, para el estudio cuantitativo se usó la Red de Surber con el fin de obtener muestras para establecer abundancia de organismos y biodiversidad (Álvarez, 2005).

Las muestras obtenidas se conservaron y se dispusieron en viales de acuerdo con la estación donde fueron colectados para posteriormente ser identificados y contados haciendo uso de estereoscopios y claves taxonómicas como la de Roldán-Pérez, entre otros.

Parámetros fisicoquímicos

En cada estación se tomaron datos fisicoquímicos in situ como: pH, temperatura, oxígeno disuelto, dureza, nitritos, nitratos, hierro, cloro libre, TDS, conductividad y turbidez con ayuda de un medidor multiparamétrico y tirillas colorimétricas.

Índices Biológicos de Calidad

Los macroinvertebrados colectados se identificaron taxonómicamente hasta familia, con el fin de establecer los diferentes índices biológicos, esta información junto con los parámetros fisicoquímicos obtenidos permite entender de manera detallada cómo se encuentran organizadas las comunidades de macroinvertebrados en estos ecosistemas. A partir de la data se procedió a calcular los siguientes índices: Biological Monitoring Working Party (BMWP-Col) con el fin de establecer la calidad del agua del ecosistema.

Por otro lado, a partir de las muestras obtenidas, se calcularon índices como el de Margalef o de riqueza, índice de abundancia relativa y el de biodiversidad también llamado de Shannon-Weaver, mediante el software Análisis de Datos Past versión 4,03.

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos

En la tabla 2 se puede observar los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos en las 3 estaciones en las dos épocas pluviométricas.

Parámetro	Unidad	Temporada Seca			Temporada de Lluvia		
		E1	E2	E3	E1	E2	E3
pH	unidades de pH	8,05	8,03	7,6	8,05	8,02	7,80
Temperatura	°C	25,4	25,3	24,6	27,70	27	25,8
Conductividad	μS/cm	118	118	116	128	123	119
TDS	ppm	57	57	52	65	65	62
Turbidez	NTU	2,5	1	1	2,90	2,90	2,70
Dureza	mg/L	425	350	350	425	250	250,0
Alcalinidad Total	mg CaCO3/L	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
Nitratos	mg N-NO3- /L	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Nitritos	mg N-NO2- /L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cloro libre	mg/L	0	0	0	0	0	0
Mercurio	mg/L	0	0	0	0	0	0
Plomo	mg/L	20	20	0	20	20	0
Cobre	mg/L	<1	<1	0	<1	<1	0
Hierro	mg/L	0,3	0,3	0,1	0,6	0,6	0,5
Fluoruros	mg/L	<50	<50	<50	<100	<100	<100
Bromo	mg/L	0	0	0	0	0	0
Cromo	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	0
Carbonatos	mg/L	20	20	10	20	20	29
Ácido cyanurico	mg/L	<30	<30	0,00	<30	<30	<30

E1: estación 1; E2: estación 2; E3: estación 3

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos In situ

Fuente: elaboración propia

En temporada seca el pH tuvo una variación entre 8,05 de la estación 1 a 7,6 en la Estación 3. La menor temperatura se registró en la estación 3 (25,8 °C) y la mayor se registró en la estación 1 (27,7 °C). La conductividad osciló entre 116 µS/cm en la estación 3 y 118 µS/cm en la estación 1, teniendo una correlación estrecha entre los datos obtenidos para solidos totales disueltos o TDS, que pasaron de la estación 3 de 52 ppm a 57 ppm en la estación 1. En cuanto a la dureza se tuvo una variación fuerte de la estación 3 con 200 mg/L a 425 mg/L en la estación 1, por lo que se puede inferir que en el recorrido entre la estación 3 que es la zona más alta a la estación 1 que es la más baja, el sistema acuático debe recibir algún tipo de escorrentía o vertimientos que generan que aumente la concentración de iones alcalinotérreos presentes en el agua como son los minerales de calcio (Ca) y magnesio (Mg), sin embargo a pesar de estos aumentos el agua puede ser catalogada como agua blanda.

En el caso de la temporada de lluvia se presentaron cambios significativos en los parámetros de conductividad en donde se observa un aumento oscilando entre 118 µS/cm en la estación 3 a 128 µS/cm en la estación 1. Por otro lado, se nota un aumento en el TDS de 62 estación 3 a 65 en la estación 1 que va correlacionada con el dato de conductividad. En cuanto la turbidez estos datos también presentaron aumento en la temporada de lluvia entre 2,7 en la estación 3 y 2,9 en la estación 1. Otro dato relevante se centró en el aumento en Fluoruros en esta estación pluviométrica con rangos de 100 mg/L.

Índice BMWP-Col

Con el fin de determinar el índice BMWP-Col se identificaron los organismos colectados por estación hasta nivel familia, en total se identificaron 516 individuos. En primer lugar, se encontró la abundancia total (Individuos) que se refiere al número total de individuos de todas las familias en una muestra. La familia más abundante fue la Palamonidae con 68 individuos, que equivale al 13,2% de todas las taxas recogidas, seguido de la Naucoridae con 62 individuos con un 12% y la Leptophlebiidae con 50 individuos que equivale al 9,7% como se puede observar en la figura 6.

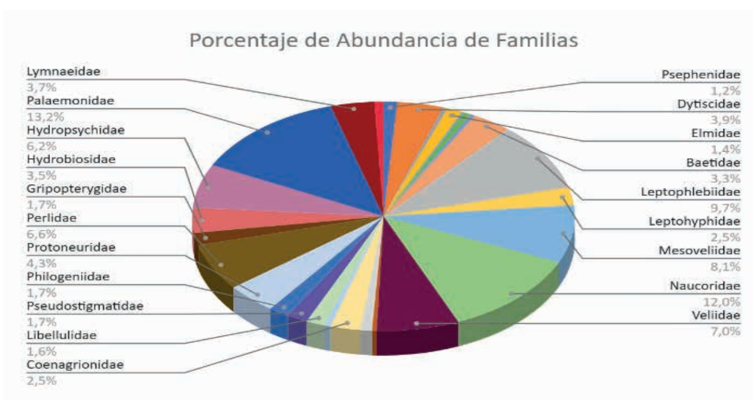


Figura 6. Porcentaje de Abundancia de Macroinvertebrados de acuerdo con las Familias

Fuente: elaboración propia

La abundancia de organismos y la diversidad varío de acuerdo con las épocas pluviométricas como se puede ver en la figura 7.

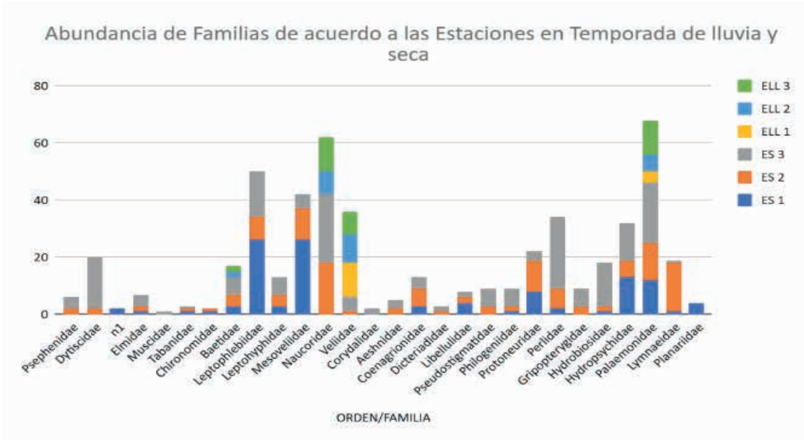


Figura 7. Abundancia de familias en las estaciones en temporada de lluvia y seca

Fuente: elaboración propia

En general, las estaciones 2 y 3 tanto en la época seca como en la época de lluvia presentan mayor abundancia como se observa en la figura 8.

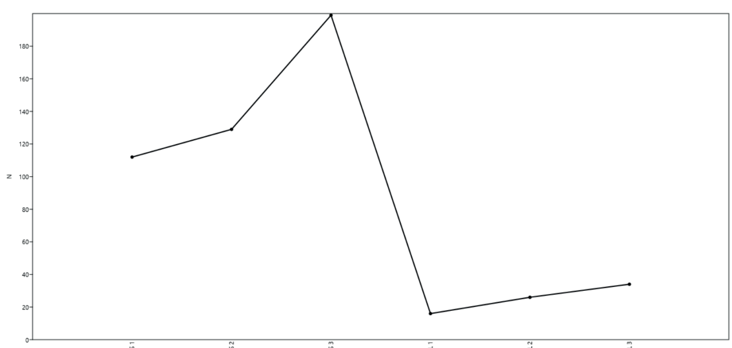


Figura 8. Abundancia de familias en las estaciones estudiadas.

Fuente: elaboración propia

La estación que presentó mayor abundancia total de individuos en ambas épocas seca y lluvia fue la estación 3 con un total de 199 individuos que equivale al 45,2% de todos los individuos colectados en época seca y un 44% de los organismos colectados en la época de lluvia; por otro lado, la estación que presentó menor abundancia fue la estación 1 con un total de 16 individuos en época seca que equivalen a un 6%. Esto sugiere que las condiciones ambientales durante la temporada pluviométrica de ausencia de lluvias son más favorables para la proliferación de estos organismos y que en la estación 3 indiferente a la época pluviométrica es la que tiene mejores condiciones.

A partir de los organismos colectados en campo se procedió a ajustar el índice BMWP-Col para la Cuenca del Río Toribio calificando los taxones presentes en cada una de las estaciones, mediante la sumatoria de los puntajes asignados a cada taxón de acuerdo con la tolerancia que cada uno tiene a la contaminación en donde los más tolerantes se les asigna 1 y los menos tolerantes 10 puntos. Para ello se utiliza la siguiente formula:

BMWP = T1+T2+T3+…Tn (1)

Donde, T es el nivel de tolerancia y el número corresponde a la familia, resultando una sumatoria de todas las familias que indican los niveles de calidad de agua. El resultado obtenido para cada una de las estaciones se clasificó y comparó con la tabla 3.

Valor del BMWP				
Clase	Calidad		Significado	Color
		≥150	Aguas muy limpias	Azul oscuro
I	Bueno	123-149	Aguas no contaminadas	Azul claro
II	Aceptable	71-122	Ligeramente contaminadas: Se evidencian efectos de contaminación	verde
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	Amarilla
IV	Crítica	21-45	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	Roja

Tabla 3. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP y color para cartografías.

Los resultados obtenidos para cada una de las estaciones estudiadas, de acuerdo con el valor obtenido del BMWP se pueden observar en la tabla 4.

	Época seca			Época de lluvia		
Estación	1	2	3	1	2	3
Riqueza	18	24	25	2	4	4
Diversidad Alfa de Shanon-winner	2,281	2,802	2,84	0,5623	1,266	1,242
BMWP	115	170	178	16	31	31
Clase del Agua Cartografía	III	II	I	V	IV	IV
Calidad	Crítica	Buena	Buena	Muy crítica	Crítica	Crítica
Significado	Ligeramente contamina-das	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias	Aguas fuertemente contaminadas	Aguas muy contaminadas	Aguas muy contaminadas

Tabla 4. Calidad ecológica en la zona baja del Río Toribio en las estaciones estudiadas durante época seca y de lluvia.

Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos nos brindan información precisa sobre el estado de contaminación de la fuente hídrica en estudio. Durante la temporada de lluvias, se observa que el río experimenta una calidad crítica en dos de sus estaciones (estaciones 2 y 3), mientras que en la estación 1, que corresponde a la zona más baja del río, la calidad es considerada como muy crítica. Estos hallazgos están directamente relacionados con los niveles bajos de diversidad alfa de Shanon y Winner establecidos para estas estaciones durante el periodo de lluvias.

En contraste, durante la temporada seca, se observa una mejoría en las condiciones de las estaciones 2 y 3, ya que presentan una calidad buena. Sin embargo, la estación 1 continúa mostrando una calidad crítica, indicando que existe una ligera contaminación en esa área.

De acuerdo con la evaluación se pudo establecer un mapa con los colores cartográficos de la calidad ecológica del Río en la zona evaluada para época seca de acuerdo con la figura 9 y para época de lluvia figura 10.



Figura 9. Mapa de Calidad ecológica del Río Toribio zona baja en época de seca.

Fuente: adaptado de Google Earth



Figura 10. Mapa de Calidad ecológica del Río Toribio zona baja en época de lluvia.

Fuente: adaptado de Google Earth

A partir de los mapas cartográficos obtenidos, se puede inferir que las condiciones de la Calidad ecológica del agua en la zona de estudio tienen una afectación fuerte en la época de lluvia, ya que cambia considerablemente la riqueza y la abundancia de las poblaciones de macroinvertebrados presentes en estas estaciones versus las encontradas en época seca, lo que nos puede indicar que estas se desplazan a zonas con condiciones óptimas para ellas durante este periodo. Estos cambios se pueden dar posiblemente por los procesos de escorrentía de sólidos que van a parar al recurso, posiblemente por la falta de un plan de manejo ambiental en las canteras aledañas al cauce del río.

DISCUSIÓN

En primer lugar, durante la época de lluvia, nuestros resultados concuerdan con los hallazgos de Yépez et al. (2017), quienes también observaron una calidad crítica en las estaciones 2 y 3, así como una calidad muy crítica en la estación 1. Esto sugiere una consistencia en los efectos de la lluvia en la contaminación del agua y la calidad del río en diferentes estudios. Además, nuestros resultados respaldan la afirmación de Yépez et al. (2017) de que la estación 1, que es la zona más baja del río, es especialmente vulnerable a la contaminación, lo que se refleja en la calidad muy crítica.

En contraste, durante la época seca, observamos una mejora en las condiciones de calidad del agua en las estaciones 2 y 3, donde se registra una calidad buena. Estos hallazgos son consistentes con los resultados reportados por Roldan (2003), Vásquez y Medina (2014), quienes también encontraron una mejor calidad del agua durante la época seca en áreas similares de estudio. Esto sugiere que las condiciones ambientales estacionales, como la cantidad de lluvia, pueden influir en la calidad del agua y la presencia de contaminantes.

El decrecimiento de los niveles de diversidad alfa de Shannon y Weiner establecidos para las estaciones 2 y 3 durante la época de lluvia respaldan los resultados de estudios anteriores, como el de Vásquez y Medina (2014) que también encontraron una disminución en la diversidad de macroinvertebrados durante la época de lluvia en su investigación, por lo que se puede deducir una relación directa entre la contaminación del agua, la calidad del río y la diversidad de macroinvertebrados presentes en el ecosistema acuático. Estos resultados discrepan de los hallazgos reportados por Ramírez et al. (2016) en su estudio realizado en el río Bogotá, donde se observó un aumento en la abundancia durante la temporada de lluvias.

Por otro lado, los estudios realizados por Madera et al. (2016) en afluentes del Río Cesar, un departamento cercano al Río Toribio, muestran resultados similares a los obtenidos en nuestro estudio, con una disminución en la abundancia de organismos durante la temporada de lluvias. Estos resultados se refuerzan con el estudio llevado a cabo por Forero y Reinoso (2023), donde se evidenció una reducción en la abundancia

durante este periodo. Estos hallazgos sugieren que los cambios en el caudal del río pueden desplazar a los organismos hacia otras áreas o que las variaciones en ciertos parámetros fisicoquímicos, como la turbidez del agua, el TDS y el pH, pueden generar desplazamientos hacia zonas más favorables en términos de condiciones ambientales.

En resumen, nuestros resultados están en consonancia con investigaciones previas realizadas por Yépez et al. (2017), Roldan (2004), Vásquez y Medina (2014), y Forero y Reinoso (2013), lo que refuerza la validez y la consistencia de los hallazgos. Se evidencia la influencia estacional en la calidad del agua, donde la época de lluvia se asocia con una calidad crítica y muy crítica, mientras que la época seca muestra una mejora en la calidad del agua, aunque aún se observa una ligera contaminación en la estación 1.

CONCLUSIONES

La data obtenida en cuanto a las variables fisicoquímicas, la composición y distribución de las comunidades de macroinvertebrados en las tres estaciones de la zona baja del Rìo Toribio, en las dos épocas (lluvia y seca) y los valores obtenidos en cuanto a los índices de BMWP, nos permiten inferir que en la E3 y E2 presentan las mejores condiciones en época seca, mientras que la E1 fue la que presento la peor condición, esto puede deberse a qué es en esta zona donde se encuentra mayor cantidad de fincas, en donde se realizan vertimientos directos de aguas servidas y además es una zona de alta influencia turística durante toda la semana, lo que evidencia una mala disposición de residuos sólidos. Por otro lado, entre la E2 y la E1 se construyó una represa para desarrollar un distrito de riego para las fincas que bordean el cauce del río, lo que puede afectar la libre movilidad de las poblaciones de macroinvertebrados.

En cuanto a la época de lluvia, las condiciones de la E1, E2 y E3 se deterioran notablemente, esto puede deberse a que las lluvias generan escorrentía y esta arrastra grandes cantidades de material particulado presentes en las canteras aledañas que se encuentran hacia el costado sur de la cuenca.

La degradación que presenta la cuenca del Río Toribio en la zona baja nos brinda herramientas para que se formule una Plan de ordenamiento de esta cuenca de manera integral involucrando todos los actores que en este momento intervienen de alguna manera en esta afectación, promoviendo campañas de educación ambiental, de saneamiento ambiental y disposición final de residuos sólidos entre otros. Por último, es importante desarrollar un trabajo con las mineras aledañas para que implementen buenas prácticas de manejo de las aguas de escorrentía instalando barreras o sedimentadores entre otros.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Fanny Pinzón: Administración del proyecto, conceptualización, Metodología,

Investigación, Redacción – borrador inicial, redacción revisión y edición.

Cindy García: Análisis formal, investigación, redacción - revisión y edición

Jazmín Anai Ávila: Redacción revisión y edición.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, así como al grupo de investigación Zoobios por brindar el apoyo requerido para el desarrollo de este proyecto. Por otro lado, a la empresa Amazonas Bioconsultores SAS, por brindar apoyo logístico y los equipos requeridos para la toma de muestras.

REFERENCIAS

Álvarez, L (2005), **Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua**. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357

Barbour, M., Gerritsen, J., Zinder, B. y Stribling, J. (1999). **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**. Segunda edición. EPA 841-B41-99-002. U. S. Environmental Protection Agency. Office of Water. Washington, D.C.

Forero, A.M. y Reinoso F.G., **Estudio de la familia Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) en una cuenca con influencia de la urbanización y agricultura: río Alvarado- Tolima**, Rev. de la Asociación. Colombiana de Ciencias Biológicas, 25,12-21,2013.

González, M. y García, D. (1995). **Restauración de ríos y ribera. Madrid**: Universidad Politécnica de Madrid. España. 1-113.

Lara, J., Arreola, J., Calderón, L., Camacho, V., Espino, G.; Escofet, A., Espejel, M., Guzmán, M., Ladah, L, López, M., Meling E., Moreno,O, Reyes H., Ríos E., Zertuche, J. (2008). **Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, en Capital natural de México**, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, 109-134p.

Madera, L. C., Angulo, L. C., Díaz, L. C., & Rojano, R. (2016). **Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación**. Información Tecnológica , 27(4), 103 - 110. https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400011

Ramírez D.F., Talero G.M., López RH, **Macroinvertebrados Bentónicos y Calidad del Agua en un Tramo del Río Bogotá**, Cajicá-Colombia, Rev. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 16(1): 205 - 214, (2013)

Rodríguez, A. (2018), **Clasificación y análisis histórico de los cambios en los tipos de cobertura vegetal en la cuenca del rio Toribio, Sierra Nevada de Santa Marta**. Universidad del Magdalena. http://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/2601

Roldán, G. (2016). **Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica**. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat., 40(155), 254-274. https://doi.org/10.18257/raccefyn.335

Roldán, G. (2003). **Bioindicación de la calidad del agua en Colombia**: **Uso del método BMWP/Col**. Universidad de Antioquia. Colombia. 170 p

Rosenberg, D., & Resh, V. (1993). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall.

Vásquez, M. y Medina, C. (2014), **Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la microcuenca del río Tablachaca**, Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas 35(2): 75-89. file:///C:/Users/abata/Downloads/1079-2937-1-PB%20(1).pdf

Yépez, A., Yépez, A., Urdanigo, J., Morales, D., Guerrero, N., TayHing, C., (2017). **Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador,** Revista Ciencias Ambientales, 27-34. https://www.researchgate.net/publication/318572792_Macroinvertebrados_acuaticos_como_indicadores_de_calidad_hidrica_en_areas_de_descargas_residuales_al_rio_Quevedo_Ecuador_Aquatic_macroinvertebrates_as_indicators_of_water_quality_in_areas_of_residual_

CAPÍTULO 4

CAPACITACIÓN A CITRICULTORES SOBRE UNA TRANSFORMACIÓN INNOVADORA DE RESIDUOS DE NARANJA EN MARTÍNEZ DE LA TORRE, VERACRUZ

Data de aceite: 01/11/2023

Yadeneyro De la Cruz Elizondo
Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Campus Xalapa, circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. CP 91090 Zona Universitaria
Xalapa, Veracruz, México. ORCID: 0000-0002-2034-6637

Rosa María Arias Mota
Instituto de Ecología A. C., Carretera Antigua a Coatepec, No. 351. Col. El Haya, 91070
Xalapa Veracruz, México. ORCID: 0000-0002-4703-5572

Laura Elena Morales Mendoza
Egresada de la Maestría en Gestión Ambiental. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Campus Xalapa, circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. CP 91090 Zona Universitaria
Xalapa, Veracruz, México.

RESUMEN: La naranja es una fruta que se consume alrededor del mundo y es uno de los productos más importantes en términos de producción agrícola global. Actualmente, México ocupa el 5° lugar a nivel mundial en la producción de naranja. Particularmente, el estado de Veracruz cuenta con el 38% de la superficie del país plantada con cítricos; el municipio de Martínez de la Torre presenta la mayor extensión de cultivos de naranja. El proceso de producción de naranja conlleva un porcentaje de pérdida del producto, debido a que la naranja cae al suelo y ya no es seleccionado para su venta. Este residuo impacta sobre el suelo, provocando su acidificación y causando diversos impactos ambientales. Una alternativa para revalorizar estos residuos de naranja es a través del uso de prácticas como el lombricompostaje. El objetivo del presente trabajo fue capacitar a citricultores del rancho "Los Manantiales" sobre una estrategia innovadora de transformación para los residuos de cítricos. Por medio de un diagnóstico presencial y en línea, se analizaron los puntos de vista de los citricultores con respecto al uso de técnicas como el lombricompostaje, posteriormente se realizaron una serie de capacitaciones con el propósito de sensibilizar a los citricultores sobre el uso de lombricompostaje con residuos de naranja a citricultores. Asimismo, se analizó el uso de hongos celulolíticos como una herramienta para mejorar la calidad de la lombricomposta de los residuos de naranja.
PALABRAS CLAVE: Degradación,

lombrices, hongos filamentosos, productores (palabras claves del autor).

INTRODUCCIÓN

La naranja (*Citrus × sinensis*) es una fruta cítrica que se consume alrededor del mundo y es uno de los productos más importantes en términos de producción agrícola global (Rezzadori *et al.*, 2012). En el periodo 2018-2019, el volumen de producción mundial de naranjas frescas fué de aproximadamente 54.23 millones de toneladas métricas, convirtiéndose actualmente en una de las industrias más remunerables (Shahbandeh, 2019).

El estado con mayor producción de cítricos en México es Veracruz, que es responsable del 38% de la superficie plantada en el país, produciendo frutas como toronja, piña, limón y naranja (Concitver, 2018). La naranja es uno de los cítricos que se cultiva regularmente durante todo el año y es destinada en su mayoría a la extracción de jugos. Por otro lado, Martínez de la Torre, es el municipio con mayor producción de naranja, este se ubica en la zona tropical central del estado de Veracruz y cuenta con una superficie de 9,338 hectáreas de cultivos de árboles de naranja, produciendo un total de 138,480 toneladas al año (INEGI, 2018). La alta producción de la naranja conlleva a la pérdida de un porcentaje del producto, debido a que cae al suelo y ya no es seleccionado para su venta, provocando la contaminación del suelo debido a que el residuo tiene un pH ácido (De Medina *et al.*, 2020).

Los residuos que se generan a menudo se depositan en terrenos adyacentes o se acumulan en sus mismas propiedades causando generación de malos olores (Chávez y Rodríguez, 2016); asimismo provocan la generación de enfermedades respiratorias como tos, así como náuseas, causadas por la exposición de gases y proliferación de roedores, hongos y bacterias (Minchan *et al.*, 2018). A nivel local los productores de la zona ponen en venta una parte los residuos para componentes aromáticos y otra parte se utiliza como alimento para ganado; sin embargo, estas rutas de valorización no han resultado completamente viables (Negro *et al.*, 2017). Una alternativa para reducir la acumulación y revalorización de residuos de cítricos en zonas de producción de naranja como el municipio de Martínez de la Torre es el uso de lombricompostaje (Favoretto *et al.*, 2016), cuyo producto se puede además utilizar como sustrato para plantas por su alto contenido de materia orgánica (Pramanik *et al.* 2016). En este trabajo se realizó el establecimiento de un módulo de lombricompostaje para darle un manejo a los residuos de naranja con algunas modificaciones innovadoras. Una parte muy importante dentro de este estudio fue la difusión de las prácticas de lombricompostaje entre los productores de naranja de la zona de Martínez de la Torre, que se realizó con el objetivo de sensibilizar a los productores sobre el manejo de sus residuos, así como promover el uso de abonos orgánicos. En este trabajo, se propone el uso de hongos celulolíticos como alternativa para mejorar la calidad

del sustrato a través de la inoculación de cepas de hongos con alto potencial para degradar la celulosa en biorreactores de lombricompostaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se desarrolló en el municipio de Martínez de la Torre, en el estado de Veracruz. Se encuentra a 151 metros de altitud sobre el nivel del mar; entre los paralelos 19° 58' y 20° 17' de latitud norte; los meridianos 96° 56' y 97° 10' de longitud oeste; altitud entre 10 y 400 m. Colinda al norte con los municipios de Papantla, Tecolutla y San Rafael; al este con los municipios de San Rafael y Misantla; al sur con los municipios de Misantla y Atzalan; al oeste con el municipio de Tlapacoyan y con el estado de Puebla (INEGI, 2018).

El municipio de Martínez de la Torre, Veracruz fue fundado el 27 de octubre de 1882 mediante un decreto expedido en Orizaba por el Gobernador Apolinar Castillo. El pueblo adquirió la categoría de Villa el 6 de septiembre de 1910. El 13 de diciembre de 1956, el gobernador Antonio M. Quirasco decretó que la Villa de Martínez de la Torre adquiría la categoría de ciudad (Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, 2019).

Las condiciones climáticas de la zona son de una temperatura anual promedio de 23°C y una alta humedad relativa. El municipio cuenta con un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, cálido húmedo con lluvias todo el año y semicálido húmedo con lluvias todo el año con intervalos de precipitación de 1900- 2100 mm. El tipo de vegetación que coexiste en el municipio es de selva perennifolia con especies de amate (*Ficus insipida*) y caoba (*Swietenia macrophylla*). En cuanto a la fauna se registran poblaciones de conejos, armadillos, tejones, aves y reptiles. Su riqueza está representada por minerales como el banco de material; entre su vegetación sobresalen las maderas preciosas, además gran parte de la superficie está dedicada a la producción de cítricos (mandarina, naranja, limón, toronja y tangerina) que abarcan grandes extensiones del municipio (INEGI, 2018).

Una de las actividades más importantes de la zona de Martínez de Torre, es el cultivo de cítricos, por lo que es común observar a los lados de la carretera huertos de naranjos y limoneros (Figura 2). En la Tabla 1 se presentan los cultivos, superficies sembradas, cosechadas y el volumen total producido de acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal de Martínez de la Torre (2018-2021). El tipo de suelo que predomina en Martínez de la Torre es denominado Feozem que representa un alto contenido de materia orgánica y nutrientes disponibles. El uso de suelo que predomina es de agricultura de temporal, que abarca el 65% del territorio del municipio de Martínez de la Torre (INEGI, 2018).

Principales Cultivos	Superficie sembrada (hectáreas)	Superficiecosechada (hectáreas)	Volumen (toneladas)
Total	29,565.6	28,441.6	N/A
Naranja	9,728.1	9,338.1	138,480.0
Toronja	2,417.0	2,365.0	96,457.0
Limón	15,329.0	14,729.0	244,081.0

Tabla 1. Principales cultivos agrícolas que se desarrollan en el municipio de Martínez de la Torre.

Tomada de: Plan de desarrollo municipal de Martínez de la Torre (2018-2021).



Figura 2. Citricultores de la zona de Martínez de la Torre. Fuente propia.

Establecimiento del módulo y capacitación sobre el proceso de lombricompostaje.

Previo al establecimiento del módulo de lombricompostaje, se realizó un recorrido para conocer un espacio disponible y se gestionó con los propietarios del rancho Los Manantiales el establecimiento de un módulo de lombricompostaje debido a su ubicación y disponibilidad a ser visitado por otros productores. Posteriormente se recolectaron los residuos de naranja del suelo y se depositaron en la cajonera del módulo de madera de 4 m^2 (80 cm de ancho, 5 m de largo y 60 cm de profundidad) con piso firme de cemento, y se dejaron durante tres meses aereándolo manualmente una vez por semana. A continuación, se adicionaron residuos verdes (recortes de pasto) y residuos de cáscara de huevo triturados como material de carga, esto para ajustar el pH de los residuos y asegurar la sobrevivencia de las lombrices en las siguientes etapas del proceso. Se inocularon en el módulo 2 k de lombrices (*Eisenia fetida)* provenientes del Huerto Agroecológico de la Facultad de Biología-Xalapa, UV (HAB).

Los talleres de capacitación se gestionaron con el grupo Club Rotario Maloapan, Distrito 4185. Los talleres se enfocaron en profundizar sobre la problemática de la generación de residuos de naranja, así como una capacitación sobre el lombricompostaje. En la siguiente tabla (Tabla 2) se presentan las temáticas abordadas en los diferentes talleres.

Temática	Objetivo general	Objetivo específico	Actividades desarrolladas
Taller 1. Supervisión del módulo	Brindar información refrente al cuidado delas lombrices.	Explicar a los citricultores los pasosa seguir para el cuidado de las lombrices y evitar malos olores.	Enseñar los pasos a seguir para el cuidado de las lombrices y asignación de tareas como volteos semanales para evitar la generación de malos oloresen el módulo de lombricompostaje.
Taller 2. Problemática de la generación de residuos de naranja	Proporcionar a los citricultores información sobre la problemática actual dela generación de residuos de cáscara de naranja.	Sensibilizar a los citricultores sobre losproblemas relacionados con la generación de residuos orgánicos cítricos en cultivo de naranja.	Exponer la problemática de los residuos de naranja, generación, diagnóstico y alternativas.
Taller 3. Compostaje de residuos de naranja.	Facilitar información sobre el compostaje de residuos de naranja.	Mostrar los pasos dela técnica de degradación de residuos mediante elcompostaje	Abordar los siguientes puntos: definición, esquemaconceptual del proceso de compostaje, fases de compostaje, parámetros, modelos, cantidades.
Taller 4. Lombricompostaje de residuos de naranja	Proporcionar a los citricultores de información relevantesobre el lombricompostaje de residuos de naranja.	Afianzar la técnica dedegradación de residuos: Lombricompostaje	Explicar los siguientes puntos: definición, lombricesde tierra, lombrices composteras, residuos orgánicos composteables, precompostaje, proceso de lombricompostaje, parámetros. ubicación y medidas, prototipos.

Tabla 2. Temáticas, objetivos y actividades desarrolladas en los talleres de capacitación para los citricultores.

Potencial de los hongos celulolíticos para mejorar la calidad de la lombricomposta de cáscara de naranja

Con el fin de aumentar la degradación de los residuos de naranja se estableció un ensayo experimental para analizar la factibilidad de utilizar hongos celulolíticos como aceleradores o mejoradores de la calidad del producto obtenido del proceso de lombricompostaje del. Para ello, se aislaron cepas de hongos de la lombricomposta del HAB por medio de diluciones seriadas y se seleccionaron cepas con alto potencial para degradar celulosa mediante la técnica cualitativa reveladora con el reactivo rojo congo (Camacho *et al.*, 2014).

En biorreactores de 40L elaborados con cajas de plástico se establecieron cuatro tratamientos (Figura 3, Tabla 3). Después de doce semanas se analizaron las características químicas MO (%), COT (%), N (%), relación (C/N), Ceniza (%) y CE (mS/cm) del producto obtenido en cada bioreactor.

CLAVE	Sustratos	Lombrices(Lom)	Hongos celulolíticos(H)	Repeticiones
(LOM+H) **3.5 KG**	Residuo de naranja (2 kg) (+cascarón de huevo (750 gr) + residuo verde (750 gr).	Con lombrices *Eisenia fetida* 50 gr	Con aplicación	3
(LOM) **3.5 KG**	Residuo de naranja (2 kg) +cascarón de huevo (750 gr) + residuo verde (750 gr).	Con lombrices *Eisenia fetida* 50 gr	Sin aplicación	3
(H) **3.5 KG**	Residuo de naranja (2 kg) +cascarón de huevo (750 gr) + residuo verde (750 gr).	Sin lombrices	Con aplicación	3
CONTROL (CONT) 3.5 KG	Residuo de naranja (2 kg) +cascarón de huevo (750gr) + residuo verde (750 gr).	Sin lombrices	Sin aplicación	3
TOTAL	12			

Tabla 3. Diseño experimental establecido en biorreactores.



Figura 3. Bioreactores con residuos de naranja. Fuente: propia.

RESULTADOS Y DISCUSÓN

Capacitación sobre las prácticas de lombricompostaje e Implementación de un módulo.

Primeramente, se realizó un acercamiento virtual con el Club Rotario Maloapan a través de la plataforma Zoom para exponerles la temática del proyecto y los objetivos a alcanzar. En la reunión asistió el presidente en turno del Club Rotario y algunos miembros

del comité, además de contar con la asistencia de un representante de la Universidad Veracruzana. Debido a que este proyecto se desarrolló durante la pandemia, las reuniones y talleres de capacitación se realizaron por medio de la plataforma Zoom, WhatsApp y correos electrónicos personales y la promoción a través de carteles de difusión.

En el primer taller "Problemática de la generación de residuos de cáscara de naranja" asistieron 13 personas, dicha reunón se llevó a cabo el 27 de mayo del 2021. En esta sesión, los citricultores expresaron el desconocimiento respecto al daño que trae consigo dejar los residuos de naranja en el suelo. Además, mostraron interés por obtener más información sobre los problemas ambientales ocasionados por el mal manejo de los residuos. Así mismo plantearon la necesidad de realizar técnicas de manejo de los desechos de cítricos que pudiesen proporcionar un beneficio económico de algo que consideran no redituable. Por otro lado, expresaron su compromiso hacia cambios de actitud con respecto a cuidar el ambiente y utilizar diferentes alternativas para darles un manejo adecuado a los residuos generados en sus propios huertos.

El taller dos "Compostaje de residuos de naranja", se realizó el 2 de junio del 2021. Con una asistencia de 10 personas se estableció un intercambio de conocimiento, los citricultores expresaron comentarios positivos sobre cómo llevar a cabo el proceso de compostaje específicamente de residuos orgánicos cítricos. En este módulo se expuso un contenido que incluía modelos, parámetros y cantidades de mezclas para llevar a cabo una correcta ejecución de la técnica del compostaje de residuos cítricos con otros residuos de naturaleza alcalina que también se producen en sus propiedades. No obstante, también se hicieron comentarios sobre otras alternativas que ocupan para reutilizar los residuos de naranja, como alimento para ganado o que lo depositan en la juguera.

El taller tres, titulado "Lombricompostaje de residuos de naranja" se realizó el 10 de junio del 2021 con una asistencia de 13 personas. El proposito de esta capacitación fué proporcionar información sobre el proceso de precompostaje y lombricompostaje, además de remarcar la importancia de la transición a abonos naturales. También se explicó la cantidad de residuos a degradar y la combinación con otros residuos que pueden neutralizar la acidez de los residuos de naranja para llevar a cabo un proceso de lombricompostaje y no afectar la supervivencia de las lombrices. De la misma manera que en los talleres anteriores, se abrió un espacio para el intercambio de opiniones. Los citricultores presentes consideraron que el conocimiento y los temas presentados amplían y reforzaban sus conocimientos sobre el tema, mencionaron, además, que lo compartirían con amigos y familiares.

El taller cuatro, se dio seguimiento al establecimiento del módulo de lombricompostaje se realizó de manera presencia el 27 de septiembre del 2021. En esta ocasión, se realizó la donación de 90 kg de lombricomposta y se reforzó el tema correspondiente al proceso de lombricompostaje. Además se les dió un recorrido a los citricultores presentes en la huerta y se impartió una capacitación presencial para reforzar los temas impartidos en

línea. Se pudo constatar un mayor interés por parte de los citricultores por iniciar su propia lombricompostera.



Figura 4. Reuniones virtuales y presenciales de los talleres impartidos a los citricultores en Martínez de la Torre, Veracruz. Fuente: Propia.

En la tabla 4, se concentra información sobre las capacitaciones, la fecha, el número de participantes y comentarios relevantes de los citricultores.

Tema	Fecha	Número de participantes	Comentarios de los citricultores
Problemática de lageneración deresiduos de naranja	27 mayo 2021	13	La mayoría de los participantes expresaron haber recibido algún tipo de información sobre temas relacionados con el medio ambiente pero no sobre los problemas ambientales en la zona causados porlos residuos orgánicos resultados de los cítricos. Por otro lado, expresaron su compromiso haciacambios de actitud con respecto a cuidar el ambiente, reflexionando sobre las diferentes alternativas para darles un manejo adecuado a los residuos generados en sus propios huertos.
Compostaje deresiduos de naranja.	02 junio 2021	10	Hicieron cuestionamientos sobre otras alternativas para reutilizar los residuos de naranja, como alimento para ganado. Los participantes expresaron las dudas iniciales del proyecto, debido a que pensaban que la naranja, su fuente ingreso, debía someterse a un proceso de degradación, pero aclarando que solamente se trataba de los residuos se mostraron más interesados por saber cómo llevar a cabo un proceso de compostaje.
Lombricompostaje deresiduos de naranja	10 y 17 junio 2021	13/11	Los citricultores asistentes consideraron que la información presentada amplía y refuerza sus conocimientos sobre el tema, considerando compartirla con amigos y familiares. Al final de la presentación, también se comentó que el conocimiento y dominio del tema por parte de los presentadores fué buena, señalando que era necesario un proyecto de esta índole.

Tabla 4. Resumen de los comentarios de los citricultores participantes por tema y fecha de capacitación

Potencial de los hongos celulolíticos para mejorar la calidad de la lombricomposta de cáscara de naranja

En la presente investigación se propone que la inoculación de hongos celulolíticos puede favorecer por un lado el desarrollo de las lombrices, debido a que la inoculación de estos microorganismos actúa como alimento, y además mejorar la calidad del sustrato. Kumar et al. 2010 y Nair y Okamitsu, 2010 señalan que sistemas combinados de lombrices y hongos celulolíticos en los procesos de precompostaje y lombricompostaje propician mejores estándares de calidad en la lombricomposta, debido a que los hongos celulolíticos funcionan como fuente de proteína para las lombrices.

Como resultados en este trabajo, el producto final obtenido en cada bioreactor por cada tratamiento cumplió con las especificaciones sensoriales establecidas en la NMX-FF-109-SCFI-2008 y se presentan a continuación (Tabla 5). Como dato interesante, las caracteristicas del producto obtenido con los tratamientos fue de un color negro, olor a tierra húmeda y sin olores desagradables, excepto el tratamiento control.

Parámetros	Lom+H	Lom	H	Control
Mo (%)	15.57	14.45	12.76	11.93
Cot (%)	9.03	8.38	7.40	6.92
Nt (%)	0.6	0.81	0.65	0.58
Relación c/n (%)	15.05	10.34	11.38	11.93
Ceniza (%)	87.52	83.51	86.84	88.05
Conductividad eléctrica (ms/cm)	2.33	1.88	4	5.51

Tabla 5. Características químicas del producto obtenido de cada biorreactor con los diferentes tratamientos de lombrices y hongos celulolíticos. (Lom+H) = con lombrices y con aplicación de hongos celulolíticos; (lom) = solo con lombrices; (H) = solo con aplicación de hongos celulolíticos y (cont*rol*) = sin lombrices y sin aplicación de hongos celulolíticos.

Todos los tratamientos cuentan con la misma composición de residuos (2 kg de residuos de naranja y 1.5 kg de residuos de material de carga). Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

Las capacitaciones virtuales lograron impactar positivamente al grupo de citricultores generando una motivación entre ellos para adoptar prácticas de manejo de los residuos orgánicos cítricos a través del lombricompostaje y aplicación de los hongos celulolíticos para disminuir el impacto negativo de estos desechos sobre el suelo y el medio ambiente. Por medio de estos talleres de capacitación se sensibilizó a los citricultores para caminar hacia la reducción de los fertilizantes químicos y su sustitución por abonos orgánicos procedentes de la transformación de los residuos de naranja que se producen en sus huertas. Por otro lado, el sistema integrado de lombricompostaje con las cepas de hongos celulolíticos seleccionadas mejoró significativamente la calidad del producto final. Finalmenete, es imprtante señalar que el uso de las tecnologías de la información y comunicación resultaron de gran utilidad durante la pandemia para el desarrollo de este trabajo y lograr la interacción con productores citricultores lo que hizo posible cumplir el papel social de la universidades y centros de investigación.

REFERENCIAS

Camacho, A. D., Martínez, L., Ramírez, S., Valenzuela, R. y Valdás, M. (2014). Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. Terra Latinoamericana, 32(4), 291-300.

Chávez, P. A. y Rodríguez, G. A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. Revista Académica y Virtualidad, 9 (2) 90–107. https://doi.org/10.18359/ravi.2004

Concitver. (2018). La citricultura en Veracruz. http://www.concitver.com/15_9citricultura.html

De Medina-Salas, L., Giraldi-Díaz, M. R., Castillo-González, E. y Morales-Mendoza, L. E. (2020). Valorization of orange peel waste using precomposting and vermicomposting processes. *Sustainability, 12*(18), 7626. https://doi.org/10.3390/su12187626

Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. (2019). Martínez de la Torre. Recuperado de http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30102a.html.

Favoretto, P. L. B., Ademola, I. A., Abosede, O. O., Vinicius, B. A. y Olimpia, O. R. M. (2016). Chemical study of vermicomposted agroindustrial wastes. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 5 (1), 55–63. Doi: 10.1007/s40093-016- 0117-7.

INEGI. (2018). Sistema de información municipal, Martínez de la Torre, cuadernillos municipales, 2018. Recuperado de http://ceieg.veracruz.gob.mx/wpcontent/uploads/sites/21/2018/05/Mart%C3%ADnez-de-la-Torre.pdf.

Minchan, C. A., Vásquez, L. B. G., Vásquez, A. C. L., Moreno, G. D. L., Ordoñez, F. F. de M., Rojas, A. N. H. Torres, C. P. A. y Ponce, J. R. N. (2018). Programa de entrenamiento en salud publica dirigido108 a personal del servicio militar voluntario. Recuperado de https://repositorio.ins.gob.pe/handle/INS/1141

Negro, V., Ruggeri, B., Fino, D. y Tonini, D. (2017). Life cycle assessment of orange peel waste management. Resources, Conservation and Recycling, 127, 148-158. Doi:doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.014.

Pramanik, P., Safique, S., Jahan, A. y Bhagat, R. M. (2016). Effect of vermicomposting on treated hard stem leftover wastes from pruning of tea plantation: A novel approach. Ecological Engineering, 97, 410–417. Doi: doi:10.1016/j.ecoleng.2016.10.041

Kumar, R. y Shawea. (2011). Enhancement of wood waste decomposition by microbial inoculation prior to vermicomposting. Bioresource Technology, 102(2), 1475–1480. Doi:10.1016/j.biortech.2010.09.09.

Nair, J. y Okamitsu, K. (2010). Microbial inoculants for small scale composting of putrescible kitchen wastes. Waste Management, 30(6), 977–982. Doi: 10.1016/j.wasman.2010.02.016.

NMX-FF-109-SCFI-2007. (2007). Norma Mexicana del Humus de Lombriz. México: Gobierno Federal. Recuperado de http://www.economia nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff- 109-scfi-2008.pdf.

Rezzadori, K., Benedetti, S. y Amante, E. R. (2012). Proposals for the residue's recovery: Orange waste as raw material for new products. Food and Bioproducts Processing, 90, 606-614. Doi https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.06.002.

Shahbandeh, M. (2019). Orange juice production volume worldwide from 2014/2015 to 2018/2019 (in million metric tons). Food Nutr. Recuperado de https://www.statista.com/statistics/1044906/world-orange-juiceproduction/.

CAPÍTULO 5

INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES E INNOVACIÓN DIGITAL: UN NUEVO PARADIGMA PARA LA PESCA ARTESANAL COSTERA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Data de submissão: 16/10/2023　　*Data de aceite: 01/11/2023*

John Josephraj Selvaraj
Universidad Nacional de Colombia Sede Tumaco, Instituto de Estudios del Pacífico - Kilómetro 30-31, Cajapí Vía Nacional Tumaco-Pasto, Tumaco, 528514 Nariño - Colombia.
https://orcid.org/0000-0002-9195-4883

Fabio Andrés Herrera-Rozo
Universidad Nacional de Colombia Sede Tumaco, Instituto de Estudios del Pacífico - Kilómetro 30-31, Cajapí Vía Nacional Tumaco-Pasto, Tumaco, 528514 Nariño - Colombia.
https://orcid.org/0009-0006-4751-2224

Maira Alejandra Miranda-Parra
Universidad Nacional de Colombia Sede Tumaco, Instituto de Estudios del Pacífico - Kilómetro 30-31, Cajapí Vía Nacional Tumaco-Pasto, Tumaco, 528514 Nariño - Colombia.
https://orcid.org/0009-0001-2004-2262

Maria Alejandra Cifuentes-Ossa
Universidad Nacional de Colombia Sede Tumaco, Instituto de Estudios del Pacífico - Kilómetro 30-31, Cajapí Vía Nacional Tumaco-Pasto, Tumaco, 528514 Nariño - Colombia.
https://orcid.org/0000-0002-8826-5155

RESUMEN: En respuesta al impulso mundial para que la ciencia reduzca la brecha digital y aborde las disparidades en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI), Colombia ha iniciado la Política Nacional de Ciencia Abierta 2022-2031. Un avance notable de esta era digital es el reconocimiento de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como pivotes en la gestión, visualización y análisis de datos, influyendo así en la toma de decisiones informadas. En el ámbito de la pesca, se hace cada vez más hincapié en la integración de herramientas digitales y conocimientos científicos, con vista hacia la “pesca inteligente”. Este capítulo profundiza en la creación de la herramienta WebGIS “Geopesca Tumaco 2.0”, una plataforma de acceso abierto adaptada a las comunidades pesqueras artesanales de la costa del Pacífico Sur colombiano. El desarrollo de la herramienta se guió por una metodología de benchmarking que evaluó 39 geoportales y geovisores reconocidos en todo el mundo. La plataforma ofrece datos valiosos para estos hogares de pescadores, encapsulando la fusión del conocimiento tradicional y la innovación digital en ciencias biológicas.

PALABRAS-CLAVE: Empoderamiento, Innovación digital, Pesca artesanal

inteligente, Geoportales, Geopesca Tumaco 2.0.

INTEGRATING TRADITIONAL KNOWLEDGE AND DIGITAL INNOVATION: A NEW PARADIGM FOR COASTAL ARTISANAL FISHING IN BIOLOGICAL SCIENCES

ABSTRACT: In response to the global push for science to bridge the digital divide and address the disparities in Science, Technology, and Innovation (ST&I), Colombia has initiated the National Open Science Policy 2022-2031. A notable advancement of this digital age is the recognition of Geographic Information Systems (GIS) as pivotal in data management, visualization, and analysis, thereby influencing informed decision-making. Within the fisheries domain, there is an emerging emphasis on integrating digital tools and scientific expertise, steering towards an "intelligent fishery". This chapter delves into the creation of the "Geopesca Tumaco 2.0" WebGIS tool, an open-access platform tailored for the artisanal fishing communities of the Colombian South Pacific coast. The tool's development was guided by a benchmarking methodology that evaluated 39 geoportals and geoviewers recognized worldwide. The platform offers valuable data for these fishing households, encapsulating the fusion of traditional knowledge and digital innovation in biological sciences.
KEYWORDS: Empowerment, Digital innovation, Smart artisanal fisheries, Geoportals, Geopesca Tumaco 2.0.

1 I INTRODUCCIÓN

La Dirección General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Alta Comisionada de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, en octubre del año 2020 efectuaron una convocatoria de manera conjunta por la Ciencia abierta, refiriéndose puntualmente al Artículo 27 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, concibiendo este llamado como una medida inclusiva y colaborativa que busca en el contexto mundial, se propenda por asegurar que la ciencia beneficie a las personas por medio de las potencialidades del mundo digital y para reducir las brechas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI) que existen entre las naciones y al interior de estas. En Colombia, el ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación del año 2022, firmó la resolución por la cual se adopta la Política Nacional de Ciencia Abierta 2022-2031 que "*busca cerrar las brechas del conocimiento científico, tecnológico y de innovación en el país, además de una apertura de datos e información, para que los colombianos tengan acceso e incorporen las aspiraciones sociales en los procesos de investigación, convirtiendo los problemas en oportunidades de crecimiento y desarrollo*".

De manera complementaria, la revolución digital ha cambiado la manera de ver el mundo, debido que la inmediatez con la que ésta ha provisto al mundo en el acceso a la información es instantánea. Sin embargo, no es suficiente contar con acceso rápido a los datos, también es necesario contar con un sistema que permita organizarlos, almacenarlos y analizarlos. Todo mecanismo de ordenación de información, se traduce en la necesidad

de crear metodologías y sistemas para la gestión de bases de datos que proporcionen fundamentos para la toma de decisiones eficientes para grupos sociales de diferente naturaleza como: gubernamentales, económicos, sociales, académicos, entre otros.

Como resultado de la era digital y de los procesos de ordenación de datos espaciales, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son reconocidos como una poderosa herramienta para estructurar, visualizar, gestionar y analizar bases de datos que aportan a la toma de decisiones (Fisher & Rahel, 2004). Dentro de los SIG, la fuente de datos más importante es la teledetección, que permite la captura de información de un objeto sin estar en contacto físico con él.

En Colombia, la aplicación de tecnologías geoespaciales ha permitido crear plataformas de SIG en el ámbito territorial, que adicional a la gestión de información, representan un mecanismo de apoyo para la ordenación, distribución y planeación de usos del territorio, que se traducen en el soporte de las dimensiones sociales, ambientales y económicas encaminadas hacia la sostenibilidad. Por ende, en las últimas décadas, los SIG han sido catalogados como una herramienta indispensable e imprescindible en la planificación estratégica y la toma de decisiones acertadas en diversas organizaciones.

Dentro de los SIG, una variedad de funcionalidades a administradores, proveedores de contenido (editores) y usuarios son colocadas a disposición a través de los geoportales y geovisores. Por su parte, un geoportal debe proporcionar la funcionalidad típica adecuada para cada uno de los tres roles: editor, administrador y usuario asociado a su uso. Integrado al geoportal, suelen encontrarse los geovisores y geoservicios que comprenden una función de la plataforma web que permite consultar o descargar información geográfica, visualizar análisis temáticos, guardar información de interés a la que se puede acceder por medio de los atributos del sistema, entre otras funciones operativas. Por tanto, se puede considerar que los geoportales y geovisores permiten generar información base para la toma de decisiones, con el fin de optimizar tiempo y recursos.

2 | LA PESCA ARTESANAL INTELIGENTE EN UNA CONTEXTO CLIMÁTICO CAMBIANTE

La pesca que se desarrolla de tipo artesanal, constituye un oficio de vocación y arraigo cultural, para el sustento alimenticio y económico de gran parte de los hogares del litoral Pacífico de Colombia. Sin embargo, la falta de planificación y de gestión en el territorio resulta en condiciones difíciles y de falta de dignificación en la realización del oficio de aprovechamiento artesanal, que especialmente para el caso del Pacífico, se agrava en un entorno en situación de vulnerabilidad física y social (Climent-Gila, Aledo y Vallejos-Romero, 2018), que ha caracterizado históricamente al territorio y a sus habitantes.

Sumado a lo anterior, las regiones costeras son consideradas especialmente vulnerables a las consecuencias de la variabilidad y el cambio climático y, por tanto,

también lo son las actividades socioeconómicas que tienen lugar en estas áreas, que están directamente relacionadas con las comunidades que establecen sus medios de vida en torno a ellas. Al depender de los recursos hidrobiológicos que se obtienen de los océanos, una importante proporción de pescadores del Pacífico colombiano cuenta con un alto nivel de vulnerabilidad, debido principalmente al poco uso de tecnologías en la actividad pesquera y la autonomía de las embarcaciones, que aumentan su restricción de desplazamiento a los sitios de pesca ubicados cerca de la costa, además de la baja diversidad y sostenibilidad de los artes de pesca y la dependencia económica de esta actividad (Selvaraj *et al.,* 2022); como es el caso de la pesca marina en Tumaco (Gallardo-García *et al.,* 2018), siendo este un municipio costero con reconocida importancia por su contribución para el desarrollo de la actividad económica y de sustento en el Pacífico colombiano.

En este sentido, el sector pesquero artesanal, viene enfrentando dificultades de diversa índole que han generado baja productividad, rentabilidad y sostenibilidad de la actividad afectando a su vez todos los aspectos relacionados con la seguridad alimentaria, incluyendo el acceso a la alimentación, la utilización y disponibilidad de recursos y la estabilidad de los precios en el mercado local, regional y nacional. Con el agravante que, la redistribución del potencial de captura en las pesquerías marinas hacia latitudes altas y a mayores profundidades, plantea el riesgo de reducción de suministros, disminuciones en la ganancia y fuente de empleo, con potenciales implicaciones en la seguridad alimentaria (IPCC, 2014) y estableciendo brechas aún más evidentes entre el aprovechamiento artesanal e industrializado en el país.

Pese a la importancia de la pesca artesanal en el contexto del Pacífico colombiano, como fuente de sustento, empleo y provisión de proteína para la alimentación de los hogares, los pescadores artesanales suelen contar con menor capacidad instalada y adquirida, además de baja inversión; por lo que típicamente desarrollan su trabajo de manera empírica y tradicional. El acceso a herramientas, instrumentos e información se ha visto limitada y restringida para las comunidades que ejercen la pesca artesanal como medio de vida; considerando por ejemplo que la gestión de la información derivada del desarrollo de estudios no suele ser colocada a su disposición. En este sentido, el uso de herramientas de información geográfica se posiciona como un mecanismo que aporta a la adecuada gestión y aprovechamiento de los recursos pesqueros. En el contexto de la pesca mundial, ha surgido la necesidad de intervención de la capacidad informática y científica en los estudios y aplicaciones del sector, todo ello tendiente a la visión de la pesquería inteligente.

La aplicación del concepto de pesca inteligente involucra diferentes disciplinas, entre ellas la oceanografía pesquera operacional, que proporciona rutinariamente datos observacionales y modelados de alta calidad para aplicaciones prácticas (Pinardi & Coppini, 2010), la ciencia de datos, la inteligencia artificial y la informática. Estas aplicaciones incluyen, entre otros aspectos, la provisión de servicios que aumentan la

selectividad y disminuyen el esfuerzo pesquero, basándose en el conocimiento de las dinámicas biológicas, climáticas y oceanográficas. En este sentido, cuando se habla de empoderamiento a nivel comunitario hacia la pesca inteligente en el litoral sur del Pacífico colombiano, se busca potenciar mediante la acción colectiva de los conformantes de la comunidad objetivo, el incremento de la capacidad de reconocimiento, acción y decisión para aportar a la asociatividad y el incremento de la calidad de vida, desde la inclusión de información científica y del conocimiento del entorno para los procesos de toma de decisiones. Se incentiva mediante el aprendizaje participativo, autónomo, pero también integrador que busca fomentar las habilidades y capacidades individuales y colectivas.

3 I GEOVISUALIZACIÓN MARÍTIMA Y AMBIENTAL EN COLOMBIA

Al desglosar la palabra geovisualización, el concepto de visualización hace referencia a la transmisión de información y conocimiento a través de imágenes interactivas que refieren información con carácter geográfico (Ojeda-Zújar, 2010). El intenso desarrollo de los sistemas y aplicaciones de geovisualización ha facilitado el acceso y la difusión de la información geográfica en la web, incrementando la interoperabilidad y permitiendo la combinación de datos y servicios mediante el uso de estándares de desarrollo (Álvarez *et al.,* 2017).

Sin embargo, la geovisualización de la información y la disponibilidad de esta, dependerá en gran medida de la fuente de datos, si es de carácter público o privado, y la legislación de cada estado que reglamenta su distribución. En Colombia, la Ley 1712 de 2014 "*Por medio del cual se crea la ley de transparencia y del derecho de acceso a la información pública nacional*" tiene por objeto la regulación del acceso a la información pública, los procedimientos para el ejercicio y garantía del derecho y las excepciones a la publicidad de información. En esta misma Ley se disponen los principios que rigen la transparencia y acceso a información pública con una adopción razonable y proporcional a las necesidades de la comunidad a la que va dirigida.

Basar los procesos de estructuración y desarrollo de geoportales en lo mencionado anteriormente, posibilita la creación de una base sólida y precisa respecto a la autenticidad de los datos que se compartirán con el público. Esto se torna más relevante cuando se trata de poblaciones específicas, como los pescadores artesanales del Pacífico colombiano, quienes enfrentan desafíos considerables en cuanto a la accesibilidad y el uso de la información. Estos desafíos pueden estar relacionados con la conectividad limitada, la poca o nula interacción con herramientas tecnológicas e incluso el escaso conocimiento de uso de equipos como computadores portátiles, tablets, entre otros.

Si bien se podría decir que la geovisualización no es una herramienta determinante para el desarrollo de faenas de pesca por parte de los pescadores artesanales, considerando que ellos a lo largo de su vida han desarrollado sus faenas sin ayudas tecnológicas y

basados en sus conocimientos empíricos; estudios como el desarrollado por Selvaraj *et al,* 2022, muestra que unas de las principales alternativas de adaptación al cambio climático para las poblaciones costeras corresponden a *(1)* "*Modelo de pronósticos de pesquerías pelágicas frente a diversos escenarios de cambio climático", (2) "Fortalecimiento de la capacidad para la plena utilización de especies comercialmente claves*" y *(3)* "*Desarrollo de una base de datos y su respectivo entorno SIG para el manejo de la información del sector pesquero en la región"*; como estrategias que pueden incidir en la reducción de gastos económicos, disminución de la vulnerabilidad, de costos de inversión, de conflictos sociales, creación de oportunidades de generación de empleo y mejora de las condiciones ambientales. Este hallazgo es importante puesto que demuestra que las herramientas son necesarias para mejorar el nivel de conocimiento y la adaptación de la población no solo a las dinámicas del cambio climático, sino también a los continuos avances tecnológicos locales y mundiales.

La visualización en Colombia por medio de geoportales o geovisores, ha tenido avances importantes en las últimas décadas, tanto para información marítima como terrestre, como los ejemplos que se presentan en la Tabla 1; posibilitando el fortalecimiento en la toma de decisiones de los sectores académicos, económicos, sociales y ambientales del territorio.

Nombre	Entidad	Temática	URL
Geovisor de Servicios Web Geográficos, Geoportal DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	Integra información estadística nacional relacionados con economía, sociedad y territorio	https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/territorio/servicios-web-geograficos/?cod=049
Agencia Nacional de Minería, ANNA Minería	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	Permite visualizar capas geográficas de la Agencia Nacional de Minería y realizar consultas geográficas, mediciones y análisis básicos	https://annamineria.anm.gov.co/Html5Viewer/index.html?viewer=SIGMExt&locale=es-CO&appAcronym=sigm
Sistema de Información Ambiental Marina (SIAM), Geovisor SIAM	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis (INVEMAR)	Sistema de información geográfica de consulta y visualización de la cartografía marina y costera existente de Colombia a diferentes escalas	http://buritaca.invemar.org.co/geovisorsiam/
Visor geográfico Caladeros de Pesca, Identificación, ubicación y extensión de caladeros de pesca artesanal e industrial en el territorio marino-costero de Colombia	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis (INVEMAR) y Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)	Información censal de los lugares donde se ejerce la pesca principalmente la de tipo artesanal	https://invemar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1d493d99a9a2459ca-9a2bdc4b52e7401

Geoportal IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	Portal de descarga de datos abiertos geográficos oficiales producidos por el IDEAM	http://www.ideam.gov.co/geoportal
Colombia OT	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	Sistema que centraliza toda la información de Ordenamiento Territorial (OT) del país, para así, contribuir a una eficiente y oportuna toma de decisiones en los ámbitos nacional, regional o local	https://www.colombiaot.gov.co/pot/

Tabla 1. Casos de Geovisores/Geoportales disponibles en la web para el uso público en Colombia.

4 I ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE INNOVACIÓN DIGITAL PARA EL SECTOR PESQUERO ARTESANAL

La amplia variedad de herramientas informáticas disponibles en la web brinda innumerables posibilidades para la toma de decisiones en la gestión de información ambiental, social y económica a nivel global y nacional. No obstante, al planificar la creación de un geoportal y un geovisor destinado a un sector específico, es esencial delimitar la información y definir con precisión las necesidades de la población beneficiaria.

Por lo tanto, con el objetivo de potenciar la pesca artesanal a través de herramientas tecnológicas como las plataformas de geovisualización, se llevó a cabo una exhaustiva investigación de casos reales para obtener un análisis comparativo (benchmarking). Este análisis sirvió de guía en el proceso de desarrollo de una plataforma interactiva, didáctica, sencilla y eficaz; y fue desarrollado mediante las siguientes etapas:

4.1 Investigación sobre los visores existentes por medio de búsquedas relacionadas

Utilizando un navegador web y el motor de búsqueda de Google (www.google.com), se consultaron los siguientes términos: oceanografía, oceanographics, web viewer, geoportal, visor, mapas interactivos, capturas, desembarcos, geovisor, biota costera, cambio climático, información ambiental marina, geoinformación, biodiversidad marina, pesquería, base de datos, geoservicios, WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service), geoserver, OGC (Open Geospatial Consortium), SIG, WebGIS, costa, pescadores, fishery, marine. Estos términos también se combinaron utilizando los operadores lógicos ‘AND’ y ‘OR’ en la respectiva búsqueda. Adicionalmente fueron añadidos filtros temporales para discriminar los resultados obtenidos en las consultas de los enlaces más relevantes del último año. Un total de 39 direcciones web fueron consolidadas en una matriz que contiene los resultados de las búsquedas (Tabla 2).

Geoportales/ Geovisores	Nombre; Institución/Desarrollador	URL
1	Visor del Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera; Instituto Español de Oceanografía	http://www.ideo-cabrera.ieo.es
2	Geoportal do Mar Português; Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos, República Portuguesa	https://www.dgrm.mm.gov.pt/geoportal
3	The European Marine Observation and Data Network (EMODnet Map Viewer); European Commission	https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php
4	MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence; Dimitris Lekkas	https://www.marinetraffic.com
5	Geoportal for the Alboran Sea; Centre for Mediterranean Cooperation of the International Union for Conservation of Nature	http://www.iucn-geoportalboran.org/
6	NOAA nowCOAST; NOAA/NOS/OCS	https://nowcoast.noaa.gov/
7	CCLME ECO-GIS Viewer; UNESCO/IOC/IEO/ Cooperación Española	http://www.ideo-cclme.ieo.es/
8	Marine Protected Areas; ProtectedPlanet 2014-2023	https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/marine-protected-areas
9	Temperatura del Mar - Chonos. Sistema de información oceanográfica, costa de Chile; Centro de Investigación en Sistemas Costeros de la Patagonia	http://chonos.ifop.cl/roms/
10	SIPSEM; Dirección General Marítima, Autoridad Marítima de Colombia	https://meteorologia.dimar.mil.co/
11	Zonas Inundadas por Ascenso del Nivel Medio del Mar, Cartagena - Bolívar; Dirección General Marítima - Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe	https://dimar.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/af9f37165b3c4f47857a5b5e7b1f6b4d
12	Catálogo de cartas náuticas de Colombia; Dirección General Marítima, Autoridad Marítima de Colombia	https://dimar.maps.arcgis.com/apps/we-bappviewer/index.html?id=0e5fd8be4fa-84ac7bf81ffbb3898983b
13	Sistema de información Ambiental Marina de Colombia (SIAM); Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis (INVEMAR)	http://buritaca.invemar.org.co/geovisorsiam/
14	Zonificación de playas; Dirección General Marítima, Autoridad Marítima de Colombia	https://dimar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=691969e7f-3f74b9e9d290df0b2b1832d

15	Red de Medición de Parámetros Oceanográficos y Meteorología Marina (REDMPOMM); Dirección General Marítima, Autoridad Marítima de Colombia	https://dimar.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/48d2c76148a-f428789abae6b3a8789de
16	Arribos Internacionales - Sistema Integrado de Tráfico y Transporte Marítimo (SITMAR): Dirección General Marítima, Autoridad Marítima de Colombia	https://experience.arcgis.com/experience/8d4226680fb647f9b39f2f72d54e3fe1/page/page_0/
17	Pastos marinos y macroalgas en la zona costera de la Península de Yucatán; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)	https://conabio.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/7060f7ef28004a3e8f93f0470ccb5ce0
18	Atlas de naturaleza y sociedad; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)	https://www.biodiversidad.gob.mx/atlas/
19	Instituto Español de Oceanografía - Información Marina; Instituto Español de Oceanografía	http://www.ideo-base.ieo.es/Home
20	Herramienta Geoespacial Geoportal WebGIS de AMAre; European Topic Centre - University of Malaga	https://biodiversity.uma.es/mbpctoolscatalogue/es/herramientas/geoportal-webgis-de-amare/
21	Biological and Chemical Oceanography Data Management Office - MapServer Geospatial Interface; International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE)	http://mapservice.bco-dmo.org/mapserver/maps-ol/index.php
22	GEBCO 2020 Gridded Bathymetry Data Download; The General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO)	https://download.gebco.net/
23	The Marine Data Portal; German Marine Research Alliance (Deutsche Allianz Meeresforschung (DAM))	https://marine-data.de/?site=viewer
24	maps@awi!; Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung	https://maps.awi.de/awimaps/catalog/
25	Additional Satellite Information. GIS Viewer 1.0; Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung	https://maps.awi.de/awimaps/projects/public/?cu=chl_a_water_column_satellite#mapcontent
26	UTM CSIC Oceanographic cruise & data catalog; Marine Technology Unit, UTM-CSIC	http://data.utm.csic.es/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/search?resultType=details&sortBy=changeDate&from=1&to=20
27	REDMIC - Repositorio de Datos Marinos Integrados de Canarias; Fundación Observatorio Ambiental Granadilla, Islas Canarias	https://redmic.es/atlas

28	Herramienta de Pilotaje del Litoral Canario (HPL); Gobierno de Canarias	https://www.pilotajelitoralcanario.es/
29	SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL DE CANARIAS - IDECanarias; Gobierno de Canarias	https://visor.grafcan.es/visorweb/
30	Geo Portal y Visor de Cartografía Marina, Plataformas de conocimiento para el medio rural y pesquero; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Gobierno de España	https://sig.mapama.gob.es/geoportal/ https://sig.mapama.gob.es/marino/
31	Mapas y Geoservicios; Sistema de Información Ambiental Marina (SIAM), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis (INVEMAR)	https://siam.invemar.org.co/informacion-geografica
32	SPINCAM 1.0 – Red de Información y datos del Pacífico Sur para el apoyo a la Gestión Integrada del Área Costera; Gobierno de Perú	http://geoservidorperu.minam.gob.pe/spincam
33	Geoportal de Fundación MarViva; Fundación MarViva	https://fundacionmarviva.maps.arcgis.com/home/index.html
34	IMPACT WebGIS – IMpact of Ports on marine protected areas: Cooperative Cross-Border Actions; CNR-ISMAR; CIBM; Consorzio LAMMA, IFREMER, ISPRA, LECOB-CNRS, Regione Toscana, Université de Toulon	http://impact-maritime.eu/en/webgis/
35	Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada del Ecuador; Gobierno de Ecuador	https://www.inocar.mil.ec
36	Windy: Wind map & weather forecast; Windy	https://www.windy.com/
37	The Ventusky web application; InMeteo, in collaboration with Marek Mojzík and Martin Prantl	https://www.ventusky.com/
38	Sea Around Us (Fisheries, Ecosystems & Biodiversity); Global Fisheries Cluster University of British Columbia; Vancouver, B.C Canadá	http://www.seaaroundus.org/data/#/eez
39	UTM CSIC Data Centre; Marine Technology Unit, UTM-CSIC	http://data.utm.csic.es/portal/

Tabla 2. Geoportales y geovisores identificados como resultado de la búsqueda relacionada.

4.2 Diseño de la matriz de análisis estableciendo los criterios y los aspectos más relevantes a evaluar

El análisis comparativo de los 39 geoportales y geovisores implicó la realización de una evaluación participativa con 12 expertos, quienes se encargaron de responder una serie de preguntas agrupadas en secciones, diseñadas para evaluar diversos aspectos de estas herramientas. Cada pregunta se calificó en una escala de “0” al “5”; donde “0” indicaba que

no se aplicaba la evaluación, "1" representaba una opinión totalmente en desacuerdo, "2" denotaba un desacuerdo, "3" indicaba una opinión neutral, "4" expresaba estar de acuerdo y "5" totalmente de acuerdo. Las preguntas abordadas fueron las siguientes:

- **Sección 1: Primera impresión**, se realizaron las siguientes preguntas:
  - ¿Se percibe facilidad en su uso?
  - ¿Le da temor usarlo?
  - ¿Cree que podría usarlo de forma frecuente?
- **Sección 2: "Landing page"**,
  - ¿La landing o página de aterrizaje explica sobre el proyecto, su relevancia y quién está detrás de este?
- **Sección 3: Introducción**, Tutorial, "Onboarding",
  - ¿La herramienta contaba con una Introducción, un tutorial o algún contenido que explique de qué se trata el geovisor antes de empezar a usarlo?, y ¿ésto fue lo suficientemente claro?
- **Sección 4: Accesibilidad**,
  - ¿Fue posible usarlo desde cualquier dispositivo?
  - ¿Pidió la instalación de algún tipo de plugin?
  - ¿Los elementos como textos y gráficos se ven de buen tamaño?
  - ¿Textos y contenido del geovisor fue posible localizarlos en más de un idioma?
- **Sección 5: Look and feel**,
  - ¿La interfaz de usuario la percibe suficientemente amigable?
- **Sección 6: Ayuda**,
  - ¿La ayuda disponible es lo suficientemente clara y contextual?
- **Sección 7: Salida de datos**,
  - ¿Los mapas elaborados los pudo compartir?
  - ¿Los mapas elaborados los pudo imprimir?
  - ¿Los mapas elaborados los pudo guardar en la nube?
- **Sección 8: Retroalimentación**,
  - ¿Los desarrolladores pueden recibir retroalimentación ("feedback") por parte del usuario?
- **Sección 9: Registro de cuenta**,

- ¿Se requiere un registro para acceder a funcionalidades del geovisor?
- ¿El registro es sencillo e intuitivo?
- ¿Considera que era necesario registrarse a la página para acceder a sus servicios?
- ¿Permite usar datos de redes sociales para agilizar el registro?

- **Sección 10: Interacción**,
    - ¿Interactuar con el mapa es intuitivo, sencillo, disfrutable y ágil?
- **Sección 11: Diseño**,
    - ¿Tiene buen diseño gráfico (iconografía, esquema de colores, ilustraciones)?
    - ¿Tiene buen diseño de información (textos apropiados, presentación visual)?
- **Sección 12: Tecnologías**,
    - ¿Considera que las tecnologías utilizadas son suficientes para responder a las necesidades del usuario?
- **Sección 13: Interoperabilidad**,
    - ¿El acceso a los datos se puede hacer mediante el consumo de geoservicios WMS, WFS u otros avanzados de geoprocesamiento?
- **Sección 14: Otras**,
    - ¿Le gustaría regresar al geovisor en un futuro?
    - ¿Es fácil navegar por todo el contenido del geovisor?
    - ¿Se sintió cómodo usando el geovisor?
    - ¿Es fácil encontrar información dentro del geovisor?
    - ¿Considera que la información disponible en el geovisor es creíble?
    - ¿Necesitó tener conocimientos avanzados para poder usar el geovisor?
    - ¿Recomendaría este geovisor a un amigo/conocido para que lo usara?

Geoportal/ Geovisor	Sumatoria	Puntaje normalizado	Geovisor/ Geoportal	Sumatoria	Puntaje normalizado
1	**105,00**	**0,85**	21	32,00	0,26
2	63,00	0,51	22	67,00	0,54
3	77,00	0,62	23	70,00	0,56
4	**93,50**	**0,75**	24	54,00	0,44
5	73,50	0,59	25	48,00	0,39
6	73,50	0,59	26	60,50	0,49
7	73,00	0,59	**27**	**112,00**	**0,90**
8	82,50	0,67	28	71,00	0,57
9	85,00	0,69	29	81,00	0,65
10	81,33	0,66	30	86,00	0,69
11	67,67	0,55	31	71,33	0,58
12	86,83	0,70	32	63,00	0,51
13	55,50	0,45	33	53,00	0,43
14	55,00	0,44	34	76,00	0,61
15	54,00	0,44	35	51,00	0,41
16	59,00	0,48	**36**	**124,00**	**1,00**
17	50,00	0,40	**37**	**105,00**	**0,85**
18	90,00	0,73	38	60,50	0,49
19	91,00	0,73	39	49,00	0,40
20	51,50	0,42			
		Promedio		71,85	0,58
		Máximo		124,00	1,00
		Mínimo		32,00	0,26

Tabla 3. Resultados de la matriz de análisis comparativo.

A partir de los resultados obtenidos de las respuestas de los expertos, se pudo determinar que las plataformas (1) Windy: Wind map & weather forecast, (2) REDMIC - Repositorio de Datos Marinos Integrados de Canarias, (3) The Ventusky web application, (4) Visor del Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera y (5) MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence; destacaron con las puntuaciones más altas en múltiples aspectos, tales como: la primera impresión, la página de inicio, la presentación inicial de información en la plataforma, la accesibilidad, la amigabilidad, la salida de datos, la retroalimentación y, el proceso de registro de cuenta, entre otros. Estos resultados brindaron una base sólida para la identificación de cinco plataformas que sirvieron como punto de partida en el diseño conceptual e intencional del desarrollo tecnológico dirigido a los hogares de pescadores

artesanales en la región del Pacífico sur colombiano. En este sentido, se establecieron los siguientes parámetros clave como criterios específicos que orientaron la co-creación de la herramienta:



Figura 1. Parámetros para el desarrollo del geoportal dirigido a los hogares pescadores artesanales en el Pacífico sur colombiano.

5 I CASO DE ESTUDIO - DESARROLLO TECNOLÓGICO DE UNA HERRAMIENTA WEBGIS DE ACCESO ABIERTO PARA EL SECTOR PESQUERO ARTESANAL: GEOPESCA TUMACO 2.0

5.1 Análisis y selección de una herramienta de innovación digital para el sector pesquero artesanal

Con base en el análisis de selección de una herramienta de innovación digital y

considerando como eje de desarrollo la estrategia de transferencia de conocimiento, que parte de los saberes y la formación empírica del pescador y que aporta a los procesos de toma de decisiones más informadas con base científica y que reconozca las dinámicas cambiantes del clima, el océano y los recursos de interés pesquero, comercial y para la seguridad alimentaria, fue co-creada la plataforma WebGIS “Geopesca Tumaco 2.0” (http://geopesca-avanzado-tumaco.unal.edu.co/).

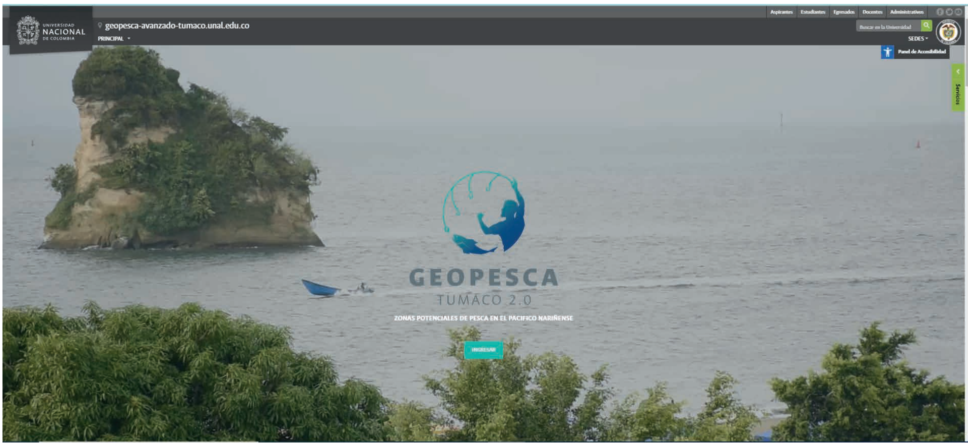


Figura 2. Plataforma WebGIS “Geopesca Tumaco 2.0” (http://geopesca-avanzado-tumaco.unal.edu.co/).

La experiencia adquirida en el proceso con la comunidad a la fecha ha permitido identificar que el desarrollo de plataformas tecnológicas que faciliten las actividades productivas en la región puede -en el mediano y largo plazo- convertirse en un catalizador para el empoderamiento y desarrollo social/económico de las comunidades locales. No obstante, las garantías que los procesos implementados sean apropiados, sostenibles y perdurables en el tiempo y para la comunidad objetivo que se proyectan, requieren los desarrollos de mecanismos asertivos de socialización, capacitación y formación. Se espera en el mediano y largo plazo, que el WebGIS fomente la colaboración y el intercambio de conocimientos entre las partes interesadas que confluyen en el sector pesquero artesanal de la región, aportando conjuntamente a crear soluciones innovadoras para hacer frente a los retos que las dinámicas cambiantes del entorno plantean para el sector pesquero artesanal.

Geopesca Tumaco 2.0 es una herramienta WebGIS de acceso abierto, que brinda opciones para la planificación de operaciones de pesca y los instrumentos para conocer los resultados de modelos de distribución y gestión de recursos de interés pesquero. Por ejemplo, las comunidades pueden acceder casi en tiempo real a datos oceanográficos y de distribución de hábitats de importantes especies comerciales en el Pacífico sur colombiano. Se implementaron operaciones SIG en la herramienta web comenzando desde

las básicas como visualización, superposición, selección y llegando a consultas avanzadas u operaciones de procesamiento con datos necesarios para la toma de decisiones en una condición climática cambiante.

Geopesca Tumaco 2.0 buscó y aportó a una mejor gestión de los recursos pesqueros a futuro, permitiendo obtener y desplegar información actualizada sobre las condiciones oceanográficas, climáticas y de distribución actual y proyectada de las especies de importancia comercial -que fueron obtenidas mediante procesos de investigación aplicada de modelación predictiva de distribución espacial y temporal basada en principios de nicho ecológico y de modelos de Zonas Potenciales de Pesca (ZPP)-, en pro de reducir las limitaciones al acceso de la información y contribuir al conocimiento de las comunidades costeras, sobre las dinámicas climáticas y biológicas cambiantes.

Se logró que el geoportal y geovisor Geopesca Tumaco 2.0 fuera recibido por los hogares de pescadores, integrando y empoderando a miembros de la familia para el apoyo en la interacción del pescador con el nuevo proceso de aprendizaje. La herramienta constituye una puerta de acceso para la apropiación social de innovaciones tecnológicas digitales en la región.

5.2 Información de especial interés para consulta de los hogares pescadores artesanales del Pacífico sur colombiano

La dinámica naturaleza del viento, en cuanto a su dirección y velocidad, supone para los pescadores asumir el reto de sortear faenas con tiempos cambiantes; por lo que contar con información en tiempo casi-real proporciona al pescador artesanal un invaluable insumo para adaptarse y tomar decisiones con esa base de conocimiento. Con actualizaciones regulares -cada 15 minutos- durante diversas horas del día, la herramienta **"Mapa de vientos"** (Figura 3) permite que el pescador tome decisiones más informadas sobre el momento óptimo para salir a pescar, ajustando su ruta según los últimos datos climáticos. Además, la capacidad de monitorear de forma frecuente la dirección y velocidad a esperar en la costa o el mar abierto, permite una respuesta proactiva a posibles cambios bruscos en las condiciones del viento, mejorando significativamente la seguridad en el mar, que es especialmente importante para el hogar pescador artesanal, que típicamente se encuentra más expuesto por su autonomía y capacidad de pesca (embarcaciones y equipos). Para la pesca, la actualización constante de datos facilita la identificación de patrones climáticos y corrientes que influyen en la ubicación de los peces, permitiendo al pescador ajustar su estrategia de potencial captura. En consecuencia, el mapa de vientos disponible en Geopesca Tumaco 2.0 se convierte en una brújula dinámica que posibilita una guía eficiente y segura para el pescador artesanal.

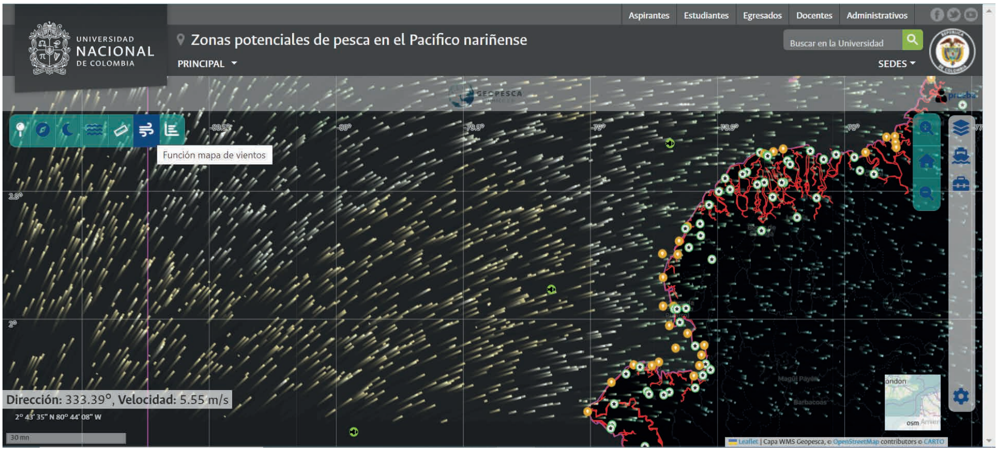


Figura 3: Función “Mapa de vientos” disponible en Geopesca Tumaco 2.0.

Disponer de la herramienta **“Proyección de mareas”** para el día de “hoy”, “mañana” y “pasado mañana”, aporta información esencial al pescador artesanal, debido que el comportamiento de la marea influye directamente en la actividad pesquera. La marea afecta la distribución espacial y migración de los recursos marinos, así que comprender sus ciclos permite al pescador identificar los mejores momentos para la pesca. Además, la variación de las mareas afecta la accesibilidad a ciertas zonas, ya que niveles bajos mareales pueden dificultar la navegación. Un pescador informado sobre las mareas puede planificar estratégicamente sus faenas aprovechando las condiciones más propicias y optimizando así su rendimiento en el mar.

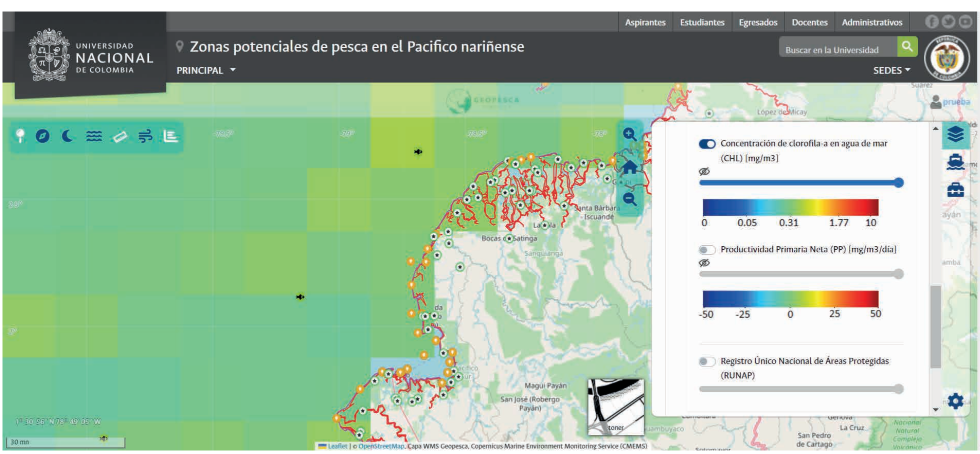


Figura 4: Mapas dinámicos de variables biogeoquímicas con información diaria y proyectada, disponibles en Geopesca Tumaco 2.0; Ejemplo: Concentración de clorofila-a en agua de mar.

Información a la mano en forma de mapas de variables biogeoquímicas como la **Temperatura Superficial del Mar** (T), **Salinidad Superficial del Mar** (S), **Concentración**

de clorofila-a en agua de mar (CHL) y **Productividad Primaria Neta** (PPN) es decisivo para un pescador artesanal, debido a que, por ejemplo la temperatura superficial del mar influye en la distribución de las especies de peces en función de sus preferencias específicas en términos de temperatura para la elección de hábitat, alimentación y dinámicas de reproducción. La salinidad igualmente afecta la composición de las comunidades marinas y puede indicar la presencia de determinadas especies, así como la concentración de clorofila-a en agua de mar que está directamente relacionada con la presencia de fitoplancton, una fuente clave de alimento para los organismos marinos. Por último, la productividad primaria neta es como realizar una medida indirecta de la disponibilidad del alimento para los organismos que habitan el océano, dado que muestra la cantidad de energía que se mueve a través de la cadena alimentaria marina. Para un pescador, entender esto, es como saber si hay suficiente comida para los peces en el lugar donde plantea dirigirse a pescar. Si hay mucha energía fluyendo, significa que hay más comida para los peces, y eso hace que sea un buen lugar para pescar. En conjunto, estos datos permiten al pescador, tomar decisiones informadas sobre cuándo y dónde pescar, mejorando la eficiencia y sostenibilidad del recurso marino y de su actividad.

Una herramienta co-creada con los hogares pescadores artesanales de Tumaco, como es el **"Calendario lunar"** brinda información útil al pescador artesanal al proporcionar una visión de las fases de la luna y la favorabilidad esperada para la pesca –ésta última basada en conocimiento tradicional de los pescadores de oficio-. A partir del conocimiento ancestral puesto de forma digital al alcance de unos clics, la tradición de pueblos pescadores que por cientos de años han guiado sus faenas de pesca a ciertas fases lunares, identificándolas como las más propicias para algunas especies de peces, ha sido dispuesto a través de Geopesca Tumaco 2.0 el calendario lunar mensual, que permite al pescador artesanal anticipar y aprovechar las condiciones favorables de la luna y su influencia en las mareas, mejorando así sus posibilidades de captura. Por ejemplo, durante periodos de marea alta (luna nueva o llena), ciertos tipos de peces pueden acercarse más a la costa, facilitando así su captura; comprender estas variaciones permite al pescador planificar sus faenas de pesca de manera más efectiva.



Figura 5: Calendario lunar mensual disponible en Geopesca Tumaco 2.0.

AGRADECIMIENTOS

Este producto forma parte de los resultados del proyecto de investigación “Fortalecimiento de la actividad pesquera artesanal en el Pacífico nariñense colombiano había un aprovechamiento sostenible del recurso. Tumaco”, ejecutado por el Instituto de Estudios del Pacífico de la Universidad Nacional de Colombia Sede Tumaco y la Universidad de Nariño. Proyecto financiado por el Sistema General de Regalías con Código de Inversión BPIN 2020000100068 de las Gobernaciones de los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca y Chocó.

REFERENCIAS

Álvarez-Francoso, J.I., Ojeda-Zújar, J., Díaz-Cuevas, P., Prieto-Campos, A. y Pérez Alcántara, J. P. (2017). **Difusión web de tasas de erosión en las playas de Andalucía: geovisores web para la exploración de datos**. Geo-Temas, 17, 147-150.

Climent-Gil, E., Aledo, A., Vallejos-Romero, A. (2018). **The social vulnerability approach for social impact assessment**. Environmental Impact Assessment Review, 73: 70-79. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.07.005

Fisher, W. L., Rahel, F. J. (2004). **Geographic information systems in fisheries**. Journal of Fish Biology, 66, 270-293. https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.0627a.x

Gallardo-García, N., Hernández-Piñeres, S., Mojica-Benítez, H., Puentes-Granada, V. (2018). **Avances en Acuicultura y Pesca, Volumen IV**. Especial: Caracterización de pesquerías en Colombia. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP, Fundación Fauna Caribe Colombiana, 216 p.

IPCC, 2014. **Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad**. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multi-capítulos. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra (Suiza), 200 págs.

Ojeda-Zújar, J. (2010): **Geovisualización: Espacio, Tiempo y Territorio. Ciudad y Territorio.** Estudios Territoriales, 165-166: 445-59.

Pinardi, N., Coppini, G. (2010). **Preface "Operational oceanography in the Mediterranean Sea: the second stage of development**". Ocean Science, 6, 263–267, https://doi.org/10.5194/os-6-263-2010

Selvaraj, J. J., Miranda-Parra, M. A., Cifuentes-Ossa, M. A. (2022). **Potential Adaptation Responses to Climate Change in Small-Scale Fisheries along the Colombian Pacific.** The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses 14 (2): 149-171. doi:10.18848/1835-7156/CGP/v14i02/149-171.

SOBRE A ORGANIZADORA

DANIELA REIS JOAQUIM DE FREITAS - Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000), com mestrado em Biologia Celular e Molecular (2002), doutorado em Ciências (2006) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Durante o mestrado e o doutorado trabalhou diretamente com biologia celular e molecular e bioquímica, na clonagem e expressão de genes do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Também trabalhou com morte celular e estresse oxidativo no carrapato. Fez pós-doutorado na área de Ciências Médicas - Farmacologia (2007) na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre. Atualmente é professora Adjunta III na Universidade Federal do Piauí, no Departamento de Parasitologia e Microbiologia, líder do Grupo de Estudos em Microbiologia e Parasitologia (NUEMP) e membro do Núcleo de Pesquisa em Prevenção e Controle de Infecções em Serviços de Saúde (NUPCISS). Também é docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Enfermagem (PPGEnf-UFPI). Tem experiência nas áreas de Biologia Celular e Molecular, Imunologia, Parasitologia, Microbiologia e Farmacologia Experimental e tem linhas de pesquisa em Controle de Infecções em Serviços de Saúde, Infecções comunitárias e Educação em Saúde.

ÍNDICE REMISSIVO

R

S

T

LAS

CIENCIAS BIOLÓGICAS

y la construcción de nuevos paradigmas de conocimiento

2

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2023

LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS

y la construcción de nuevos paradigmas de conocimiento

2

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2023